*The Dibner Library
of the History of
Science and Technology*

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES

coll.

TRAITE'
DU
MOUVEMENT
DES EAUX
ET

DES AUTRES CORPS FLUIDES.
DIVISE' EN V. PARTIES.

*Par feu M. MARIOTTE, de l'Academie
Royale des Sciences.*

Mis en lumiere par les soins de M. DE LA
HIRE, Lecteur & Professeur du Roy
pour les Mathematiques, & de l'Academie
Royale des Sciences.

Nouvelle édition corrigée.

A. PARIS,
Chez JEAN JOMBERT, près des Augustins,
à l'Image Nôtre-Dame.

M. D C C.
AVEC PERMISSION,

QA
905
M3X
1700
RB
NMAH

32,3 220

2071

P R E F A C E.

CEUX qui jusqu'à présent ont écrit des hydroliques nous ont donné chacun en particulier des remarques tres-curieuses sur la pesanteur, sur la vitesse, & sur plusieurs autres proprietez des eaux. Le Traité de l'équilibre des liqueurs de M. Palschal est un des plus considerables, tant pour les belles découvertes qu'il a faites, que pour les proprietez singulieres qu'il démontre d'une maniere si claire & si convaincante, que nous ne pouvons pas douter que ce grand Genie n'eût entierement épuisé cette matiere s'il avoit examiné toutes les parties qui la composent.

Il y avoit plusieurs années que M.

Mariotte s'appliquoit avec un soin extraordinaire à faire les experiences qui sont dans le Traité de M. Pascal pour voir s'il n'auroit point negligé des circonstances particulieres qui lui pussent donner lieu de remarquer quelque chose de nouveau. En effet dans ses experiences il a fait plusieurs observations que l'on ne trouve point dans le petit livre de M. Pascal, ny dans les autres qui l'ont precedé; & il se trouva ensuite insensiblement engagé dans la partie de cet ouvrage qui a de plus grandes utilitez comme la mesure, & ce que l'on appelle la dépense des eaux suivant les differentes hauteurs des reservoirs, & les differens ajutages; il passe ensuite aux précautions qu'on doit prendre pour conduire les eaux, & ayant enfin traité fort au long de la resistance des solides, il parle de la force que doivent avoir les tuyaux pour resister aux differentes charges de l'eau.

Il eut occasion de faire sur ces par-

ties plusieurs experiences à Chantilly en presence de S. A. S. MONSIEUR le PRINCE, où l'abondance de l'eau & la hauteur des reservoirs lui fournissoient tous les moyens necessaires. Il en fit aussi plusieurs à l'Observatoire en presence de Mrs de l'Academie, & les ayant mises en ordre, il en composa cet ouvrage.

Dans les premiers jours de la maladie dont il mourut, il me pria de vouloir prendre le soin de l'impression de ce Traité, en me laissant la liberté d'y changer, & d'y retrancher ce que je jugerois à propos: mais j'ay crû qu'il valoit mieux le donner au public tel qu'il l'a composé, que d'y apporter du mien. Cependant, si j'avois entrepris d'y changer quelque chose, je ne l'aurois fait qu'en suivant les sentimens de toute l'Academie, dont il n'auroit pas manqué de prendre lui-même les avis sur les difficultez qu'il y auroit trouvées.

La moitié de cet ouvrage étoit assez au net pour être imprimée ; mais le reste m'a donné beaucoup de peine à rassembler sur les memoires qui m'en ont été mis entre les mains après la mort.

J'ay tâché autant qu'il m'a été possible de n'y rien laisser d'obscur ou d'embarassé dans les dernières parties, & d'y suivre exactement l'ordre qu'il s'étoit proposé ; néanmoins je n'ay osé entreprendre d'éclaircir tous les endroits difficiles, de peur de m'écarter de ses pensées, ou de me rendre peut-être moins intelligible que lui.

J'avois aussi résolu d'ajouter à la fin de cet ouvrage des remarques que j'ay faites sur quelques endroits, qui auroient pû y servir d'explication, ou de confirmation, & entr'autres la démonstration par les principes d'Archimede du Probleme de Mechanique, où la proportion ordinaire est renversée, avec quelques observations que j'ay faites sur l'o-

rigine des fontaines , & sur l'élevation des vapeurs ; mais j'ay jugé qu'il étoit plus à propos de les donner séparément avec quelques autres essais de Physique , que d'augmenter ce volume de mes pensées particulières.

Je n'aurois pas différé si long temps à faire imprimer cet ouvrage si je n'en avois été détourné par des occupations d'une tres-grande importance que MONSIEUR DE LOUVORS m'a fait l'honneur de me donner. Il avoit considéré lui-même que la riviere d'Eure depuis sa source jusqu'à la rencontre qu'elle fait de la Seine vers le Pont de l'Arche où remonte le flux de la mer, ne parcouroit que 45 lieuës ; & que des mêmes sources de cette riviere il y avoit quelques ruisseaux qui alloient avec une rapidité tres-grande rencontrer la riviere d'Huine , & ensuite par la Loire jusqu'à la Mer à prés de 80 lieuës de cette source commune ; cette rapi-

dité étant connuë d'ailleurs par plusieurs moulins qui vont par dessus ; il jugea donc que la riviere d'Eure devoit avoir une pente tres considerable, & peu de temps après la mort de Monsieur Mariotte, il m'ordonna de niveler la hauteur de cette riviere à l'égard du Château de Versailles. Quoy que la distance entre ce Château, & l'endroit où l'on pouvoit prendre commodément la riviere fût de plus de 20. lieuës, mes nivellemens faits par differens chemins & reiterez plusieurs fois se sont trouvez parfaitement d'accord entr'eux, & m'ont fait voir que cette riviere pouvoit être facilement conduite à la hauteur du Château de Versailles, qu'en la prenant à Pongoin à 7 lieuës au dessus de Chartres, elle étoit 110 pieds plus élevée que le rez de chaussée de la plus haute partie de ce Château.

On doit sans doute preferer les eaux courantes, qui sont conduites dans des aqueducs, à celles qui sont

élevées par des machines , puisqu'elles ne sont pas sujettes à être souvent interrompues par les reparations qu'il faut faire aux conduites , & d'ailleurs l'eau pouvant venir facilement en tres-grande abondance: mais comme il y a plusieurs occasions où les machines sont d'une tres grande utilité , & où l'on est même obligé de s'en servir pour l'élevation des eaux , il auroit été à souhaiter que Monsieur Mariotte nous eût laissé par écrit ses sentimens sur les différentes pompes & autres machines qui sont en usage , ou qui ont été seulement proposées pour cet effet , avec un examen , & un calcul de ce qu'elles fournissent chacune en particulier, & quel choix l'on en doit faire suivant les différentes occasions. Il m'avoit souvent parlé de son dessein sur ce sujet qui devoit faire une des parties de ce traité ; mais je n'en ay rien trouvé dans ses memoires qui fût en état d'être donné au public. Il avoit changé plusieurs fois.

L'ordre des parties de cet ouvrage ; mais enfin peu de jours avant sa mort , il m'en donna la division suivante qui m'a beaucoup servi , & principalement dans les dernières parties.

Ce livre étant rempli d'un très-grand nombre d'expériences , & de plusieurs regles qui en sont déduites avec quelques observations sur ces mêmes regles ; j'ay crû qu'il étoit à propos d'y ajouter une table fort ample , afin de pouvoir trouver facilement les endroits où il est parlé de quelque matiere dont on peut avoir besoin dans les occasions.

Tout ce traité est divisé en 5 parties.

La première partie contient cinq discours.

Le premier discours traite de plusieurs proprieté des corps fluides.

Le second , de l'origine des Fontaines.

Le troisième, des causes des vents.

La seconde partie contient trois discours.

Le premier , de l'équilibre des corps fluides par la pesanteur.

Le second , de l'équilibre des corps fluides par le ressort.

Le troisième , de l'équilibre des corps fluides par le choq.

La troisième partie contient quatre discours.

Le premier , des poudres & des lignes dont on mesure les eaux courantes & jaillissantes.

Le second , de la mesure des eaux jaillissantes , suivant les différentes hauteurs des réservoirs.

Le troisième , de la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.

Le quatrième , de la mesure des eaux courantes.

La quatrième partie contient deux discours.

Le premier , de la hauteur des jets perpendiculaires.

Le second , de la hauteur des jets obliques.

La cinquième partie contient trois discours.

Le premier, des tuyaux de conduite.

Le second, de la résistance des solides, de la force des solides, & de la force des tuyaux de conduite.

Le troisième, de la distribution des eaux.

TRAITE

T R A I T E',
DU MOUVEMENT
D E S E A U X

ET DES AUTRES CORPS FLUIDES.

P R E M I E R E P A R T I E.

DE PLUSIEURS PROPRIETEZ
des Corps Fluides, de l'Origine des
Fontaines, & des causes des Vents.

P R E M I E R D I S C O U R S.

De plusieurs proprietes des corps fluides.

'A I R & la flame sont des Corps
Fluides ; l'eau, l'huile, le mer-
cure, & les autres liqueurs, sont
des corps fluides & liquides ;
tout liquide est fluide, mais tout fluide

A

n'est pas liquide. J'appelle liquide, ce qui estant en suffisante quantité coule & s'étend au dessous de l'air, jusques à ce que sa surface supérieure se soit mise de niveau; & parce que l'air & la flamme n'ont pas cette propriété, je ne les appelle pas liquides, mais seulement fluides. La dureté & fermeté est opposée à la fluidité; ce qui est dur & ferme comme le fer & les pierres, se laisse traverser difficilement par les autres corps; & quand il a esté traversé, ses parties séparées ne se rejoignent point: les corps fluides au contraire se laissent traverser aisément, mais ils réunissent aussi-tôt leurs parties séparées, & c'est en quoy consiste la fluidité. Par cette raison le sable tres-menu peut estre appelé fluide, mais non liquide, parce qu'il ne coule pas sur un plan peu incliné, & que quand on en remplit un vaisseau, les parties supérieures ne se mettent pas de niveau d'elles-mêmes.

L'Eau est encore appelée humide par quelques Philosophes, mais c'est proprement ce qui est mouillé d'eau qu'on doit appeller humide, & en ce sens l'air est humide quand il est beaucoup rempli de vapeurs acqueuses. La secheresse est opposée à l'humidité; & un linge qu'on appelle humide lors qu'il est mouillé, est appelé sec, quand l'eau dont il estoit mouillé est évaporée.

L'Eau reçoit successivement les consistances différentes de dureté , & de liquidité : son estat naturel est d'estre glacée ; c'est à dire que lors qu'aucune cause externe n'agit sur elle , elle demeure ferme & non liquide.

Elle devient coulante & liquide par une mediocre chaleur , & en mesme - temps quelques-unes de ses parties s'élèvent en vapeurs , c'est à dire en plusieurs petites gouttelettes séparées les unes des autres , & d'une telle petitesse qu'on ne peut les appercevoir chacune à part. On en voit l'experience quand on jette un charbon allumé dans de l'eau , car on voit d'abord une fumée épaisse s'en élever ; mais quand elle s'est beaucoup étendue en s'élevant , & que ces petites parcelles se sont séparées les unes des autres , on n'en peut appercevoir aucune.

Les vapeurs quoy qu'épaisses sont quelque - fois visibles & quelque - fois invisibles suivant que leur petites parcelles sont plus ou moins menuës , ou plus ou moins agitées. Lors qu'elles sont visibles & proches de la terre , on les appelle des broüillards , & quand elles sont élevées en haut on les appelle des nuées. Il s'élève davantage de vapeurs à une grande chaleur qu'à une mediocre ; mais il ne laisse pas de se'n élever à une tres-petite chaleur , car mes-

me il en sort de l'eau glacée. J'ay observé que deux livres de glace diminuoient de poids pendant un tres-grand froid d'environ deux gros par jour ; d'où l'on peut inferer que l'eau commençant à estre glacée, conserve encore quelque peu de chaleur, de mesme que le plomb en conserve encore beaucoup lors qu'il commence à se durcir après avoir esté fondu.

Il y a quelques parties étrangères & heterogenes dans l'eau, lesquelles se transforment en air, par une grande chaleur ; on l'experimente lors qu'on met un vaisseau plein d'eau sur le feu, car on voit se former au fond du vaisseau, & ensuite s'élever au dessus de l'eau, plusieurs petites bulles d'air. On ne doit point croire qu'elles procedent de la flame qui pourroit passer au travers du vaisseau, puisque l'huile ne pousse point de ces petites bulles d'air, lorsqu'on l'a laissée un peu de tems sur le feu pour faire évaporer ce qu'elle a de plus aqueux, encore mesme qu'on augmente le feu en suite.

Il se forme aussi de semblables bulles dans l'eau lors qu'elle se gele : & parce que cette matiere heterogene, que j'appelle matiere aérienne, occupe plus de place quand elle est réduite en bulles d'air, elle fait effort pour s'étendre & ne trouvant point d'issue au travers de la glace, elle la fait rompre &

même les vaisseaux qui la contiennent, s'ils sont plus étroits au dessus que vers le milieu.

Pour expliquer d'où vient que cette matiere qui est dans l'eau tient plus de place quand elle se remet en air; on peut supposer que l'air est un amas d'une infinité de petits filamens entortillez & mêlez l'un dans l'autre comme de petits filamens de cotton; or si l'on trempe dans un verre à demy-plein d'eau un petit amas de cotton pressé il occupera au commencement une place selon sa grosseur, & il fera élever l'eau vers le dessus du verre considerablement; mais si l'on separe peu à peu les petits filamens du cotton, en sorte que l'eau puisse se couler par tous leurs intervalles, alors la surface supérieure de l'eau redescendra à peu près à la même marque où elle estoit avant qu'on y eut mis le cotton.

Par cette experience on connoîtra que l'air se peut insinuer peu à peu dans l'eau & y tenir beaucoup moins de place que lorsqu'il y est en petites bulles, & que lorsqu'après avoir esté mêlé & comme absorbé dans l'eau, il se remet en petites bulles par le mouvement que la chaleur luy donne ou par quelques autres causes, il tient beaucoup plus de place qu'auparavant.

On connoît que l'air s'insinuë dans l'eau par l'experience suivante. Faites boüillir de

l'eau deux ou trois heures durant , & après qu'elle sera refroidie, emplissez-en une petite bouteille de verre , fermez son goulet avec le doigt & le trempez dans un verre plein d'eau ; faisant en sorte qu'il y ait de l'air gros comme une noisette au haut de la bouteille renversée ; Vous remarquerez que dans 24. heures cet air disparaîtra. Remettez-y de même une autre bulle d'air aussi grosse , elle entrera encore peu à peu dans l'eau , mais il faudra plus de temps pour l'absorber toute entière ; on y en pourra faire entrer encore plusieurs autres de même grosseur l'une après l'autre : mais enfin quand l'eau en sera suffisamment imprégnée il n'y en entrera plus , & une petite bulle d'air de deux lignes de diamettre se tiendra au dessus de l'eau de la bouteille plus de 15. jours sans y entrer. Cet effet se remarque encore plus sensiblement dans l'esprit de vin ; car si l'on en met dans la machine du vuide un verre à demy plein , il sortira une tres-grande quantité de cette matiere aérienne en grosses bulles dès qu'on aura pompé une bonne partie de l'air enfermé dans le recipient , mais dans peu de temps il n'en sortira plus ; & si l'on emplit une petite bouteille de cet esprit de vin dont la matiere aérienne sera sortie , & qu'on y laisse entrer de l'air gros comme le poulce pour le faire demeurer au haut de

la bouteille après qu'on l'aura renversée dans d'autre esprit de vin , comme il a esté dit cy-dessus de l'eau boüillie ; cet air s'insinuëra dans l'esprit de vin en moins de deux heures : & si l'on y en remet une pareille quantité jusques à 2. ou 3. fois, il y entrera encore ; mais si l'on met cette bouteille dans la mesme machine du vuide, cet air qui s'estoit comme dissous, & mélé invisiblement dans l'esprit de vin, en ressortira en grosses bulles, dès qu'on aura un peu pompé l'air du recipient : ce qui fait voir manifestement que c'est du veritable air qui sort de l'eau & de plusieurs autres liqueurs quand on les fait geler, ou boüillir, ou qu'on diminuë par le moyen de la machine du vuide, le ressort de l'air qui les presse ; ce que j'ay expliqué plus au long dans le Traité de la nature de l'air.

J'ay connu ce qui arrive à l'eau quand elle se gele par les experiences suivantes.

J'ay mis pendant un très-grand froid dans un vaisseau cylindrique de sept ou huit pouces de hauteur & de six pouces de largeur, de l'eau qui estoit déjà assez froide, jusques à deux pouces prés du bord, & je consideray attentivement tout le progrès de la gelée. Il se fit d'abord une petite congelation dans la surface superieure de l'eau, de petites lames languettes & crenelées ayant entre-elles des intervalles non

gelez, lesquels se gelerent auffi peu à peu à la reserve d'un petit endroit vers le milieu qui n'estoit point encore gelé, quoy-que le reste de la surface le fût déjà de plus de deux lignes d'épaisseur. Je remarquay que dans le fond & contre les côtez du vaisseau il se faisoit de petites bulles d'air dans la glace qui commençoit à s'y former, quelques-unes s'élevoient en haut, & les autres demeuroient engagées dans la glace, ce qui me fit juger que ces petites bulles venant à occuper plus de place dans l'eau que quand leur matiere y étoit comme dissoute, elle pouffoit un peu d'eau par le trou qui estoit au dessus, de la mesme maniere qu'un tonneau estant plein de vin nouveau il en sort un peu par le trou du bondon quand le vin commence à s'échauffer; & le peu d'eau qui sortoit par ce petit trou se répandant sur ce qui en estoit proche & qui estoit déjà gelé, se geloit aussi, & commençoit à y former une élévation de glace, & ce trou demeurant toujours ouvert par l'eau qui y passoit successivement, estant poussée par les nouvelles bulles d'air qui se faisoient dans la glace, laquelle continuoit à s'augmenter peu à peu vers les côtez du vaisseau & vers le fond; j'observay que la surface superieure de l'eau estoit déjà gelée de plus d'un pouce d'épaisseur vers les bords du vaisseau,

& de plus d'un pouce & demy à l'entour & proche le petit trou , avant que l'eau qui y estoit comme dans un petit canal fût gelée : mais enfin elle se gela , & alors le milieu de l'eau n'estant point encore gelé , & l'eau poussée par les nouvelles bulles qui continuoient à se former pendant deux ou trois heures , ne trouvant plus d'issuë par le petit trou la glace se rompoit tout à coup vers le haut par l'effort de cet air enfermé. Je fis une seconde experience , en laquelle après que la glace eut environ deux pouces d'épaisseur , je fis chauffer les bords du vaisseau pour faire fondre l'exterieur de la glace , & je la tiray par ce moyen toute entiere hors du vaisseau , sans que l'eau qui estoit encore au milieu de la glace se renversaît. Je mis cette glace à l'air pour achever de faire geler le reste de l'eau , & trois ou quatre heures après elle se rompit , & je trouvay que dans le milieu il y avoit un vuide de la grosseur d'un pouce & demy de diametre , d'où estoit sorty le reste de l'eau qui n'estoit pas encore gelé & qui remplissoit cette espace. Je fis une troisieme experience , dans laquelle après avoir tiré de la mesme maniere la glace hors du vaisseau , je perçay avec une grande épingle l'endroit du petit trou qui s'étoit gelé , & où la glace estoit plus élevée d'un pouce qu'au reste , par l'eau qui s'étoit

repandue près du petit trou & s'y étoit gelée; il se fit un petit jet-d'eau par le trou qu'avoit fait l'épingle après que je l'eus retirée, & l'eau se gela de nouveau dans le trou. Je continuay à percer cet endroit de temps en temps jusques à ce que l'eau fût toute gelée; J'exposay en suite cette glace à l'air froid pendant toute la nuit sans qu'elle se rompît; ce qui me fit connoître manifestement que la rupture de la glace dans les experiences precedentes procedoit de la force du ressort des bulles d'air. Le milieu de cette glace estoit mêlé à peu près d'autant d'air que de glace, & il y avoit bien moins de bulles à proportion vers l'exterieur de la glace. Si l'on fait bouillir l'eau pour en faire sortir la matiere aërienne avant que de l'exposer à la gelée, il se fera de la glace jusques à deux ou trois poudres d'épaisseur qui n'aura point de bulles visibles & fera parfaitement transparente & propre à faire le même effet pour brûler au Soleil que les verres convexes; Voicy la maniere de rendre cette glace convexe. Ayez un petit vaisseau creux en demie sphere dont le diametre soit d'un demy pied, mettez-y un fragment de cette glace transparente & la mettez sur un peu de feu pour en faire fondre l'exterieur; vous verserez l'eau par inclination à mesure que l'exterieur de la

glace se fondra : retournez-la de l'autre côté & la faites fondre de mesme jusques à ce qu'enfin elle ait pris une figure convexe des deux costez bien polie & uniforme ; alors si le Soleil luit elle fera à peu près le mesme effet pour brûler du papier noir-cy ou de la poudre à canon , comme si c'étoit un verre convexe. Quelques-uns ont cru que l'eau bouïllie se geloït plus aisément que l'autre, mais en ayant mis de l'une & de l'autre également dans deux verres égaux , & ayant fait en sorte qu'elles fussent refroidies également avant que de les'exposer à la gelée , je ne pus jamais remarquer qu'elles gelaissent plutôt l'une que l'autre.

Dans les endroits des Rivières où l'eau est dormante , il s'y amasse de la bouë dont il sort beaucoup d'air quand on marche dessus , ou qu'on y foure un bâton , soit que cet air s'y forme peu à peu de la matiere aërienne qui se trouve dans l'eau de la Riviere , soit qu'il procede de ce que l'eau descendant par de petits canaux au dessous de son lit , fait élever l'air qui s'y trouve , lequel rencontrant la bouë s'y arreste. Outre la matiere aërienne qui se trouve dans l'eau , il y en a une autre qui peut estre appellée matiere fulminante que j'ay reconnuë par plusieurs experiences comme celle que je rapporte icy : Mettez

dans un petit vaisseau de cuivre ou d'étain une grosse goutte d'eau & de l'huile au dessus jusques à un pouce de hauteur, mettez une chandelle allumée au-dessous du vaisseau à l'endroit où est la goutte d'eau; vous verrez qu'il en sortira de petites bulles d'air pendant un certain temps, & qu'ensuite il n'en sortira plus ou tres-peu; mais quand l'huile sera échauffée il se fera des fulminations dans la goutte d'eau qui feront sauter une partie de l'huile en haut, & pourront separer la goutte d'eau en deux ou trois parties. Cet effort peut proceder de quelques parcelles de sels ou d'autres matieres inconnuës dissoutes dans l'eau, lesquelles ayant atteint un certain degré de chaleur se dilatent tout à coup comme fait l'Or fulminant.

L'analogie qui est entre l'huile & l'eau, est que l'huile s'affermir & se gele par un grand froid, mais moins fortement que l'eau; qu'elle devient coulante à une mediocre chaleur, qu'une grande chaleur la fait élever en fumée & en exhalaisons semblables à peu près en consistance aux vapeurs qui sortent de l'eau, & enfin que ces fumées, du moins leurs plus subtiles parties, se change en flamme par une tres-grande chaleur.

L'air, le mercure, & l'eau où il y a beaucoup de sel commun dissous, ne se gellent pas.

ny ne deviennent pas durs au froid non plus que l'esprit de salpêtre, l'esprit de vitriol & les autres eaux fortes, mais ces matieres demeurent toujours liquides & coulantes; les eaux fortes s'élèvent aussi en vapeurs par la chaleur.

Le mercure, l'eau, l'huile, le vin, l'esprit de vin & les autres liqueurs se dilatent par la chaleur, & se condensent par un mediocre froid, sans qu'il paroisse pourtant qu'aucun air y soit mêlé ou qu'il en sorte aucunes bulles. Mettez de l'huile dans une bouteille qui ait le goulet long & étroit, & la chauffez mediocrement; elle montera peu à peu dans le goulet, & en se refroidissant elle descendra jusques à la pomme sans qu'il y paroisse entrer ou sortir de l'air; & mesme si la bouteille estant toute pleine d'huile mediocrement chaude, on la renverse en la soutenant avec le doigt, & qu'on trempe le bout dans de l'eau froide jusques à la moitié du goulet, l'huile se refroidissant quittera le goulet qu'elle occupoit, & l'eau y montera; mais si on chauffe de nouveau mediocrement la bouteille, l'huile redescendra & chassera l'eau sans qu'il paroisse s'y former aucunes bulles d'air. Cet effet est tres-sensible dans l'esprit de vin dont on remplit les thermometres de verre scellez hermetiquement; car quand il fait bien froid, l'esprit de vin descend jusques

à la pomme, & dans le grand chaud il monte jusques au haut du tuyau, quoyqu'il soit de plus de deux pieds de hauteur. J'ay veu des thermometres pleins de mercure au lieu d'esprit de vin, qui faisoient à peu près le mesme effet.

Le mercure ne s'éleve en vapeurs qu'à une grande chaleur. J'ay tenu pendant deux ans une petite bouteille où il y avoit environ une livre de mercure dans un cabinet, où le Soleil luisoit pendant l'été; j'y trouvoy sensiblement le mesme poids au bout de ce temps-là; mais si on en met dans un assez grand feu, il s'éleve tout en vapeurs invisibles, lesquelles estant reçues dans un alambic, elles se remettent en mercure coulant & liquide comme avant leur évaporation.

On remarque dans l'eau une espece de viscosité, qui attache ses parties l'une à l'autre & à quelqu'autres corps, comme au bois & au verre bien net, en sorte qu'une goutte d'eau assez grosse demeure suspenduë au verre & au bois sans tomber, & lors-qu'on en verse dans un verre bien net sans l'emplir entierement, elle s'éleve joignant le verre au-dessus de son niveau jusques à plus d'une ligne & demie: & quoyqu'on ne puisse bien dire en quoy consiste cette viscosité, il est constant que ces effets se font toujours; ainsi deux gout-

des d'eau séparées se joignent ensemble & ne font plus qu'une seule goutte aussi-tôt qu'elles viennent à se toucher tant soit peu : la même chose arrive à deux gouttes de mercure, à deux gouttes d'huile posées doucement sur de l'eau en les approchant l'une de l'autre ; & même on voit que les petites bulles d'air qui sont au fond d'un plat plein d'eau quand il a été sur le feu, se joignent à celles qui leur sont voisines si on les pousse l'une contre l'autre avec une épingle ou autrement. J'ay veu une fois rouler le long d'une table de pierre polie, un peu de mercure de la grosseur d'un pouce, il rencontra un petit creux dans la table où une petite partie du mercure entra, & le reste continuant de couler fut sur le point de se separer du peu qui étoit dans le creux, ce qui les joignoit n'ayant plus qu'environ deux lignes de largeur ; mais cette viscosité qui lie en semble les parties du mercure l'empêcha, & ce qui étoit passé se raprocha de la partie qui étoit dans le creux, & tout le mercure s'arresta dessus & à l'entour. Pour expliquer en quelque façon cette viscosité, on pourroit dire que chacune de ces matieres ont leur petites parties en perpetuel mouvement, & que celles de chaque espece ont de certaines figures propres à s'acrocher & à se lier les unes aux autres, & qu'elles s'embarassent & s'acrochent ne-

cessairement par leur mouvement dès que elles se touchent. Il y a une autre cause qu'on pourroit conjecturer , sçavoir que l'air ayant une vertu de ressort reduiroit ces corps fluides au plus petit espace qu'ils peuvent occuper qui est la figure spherique , mais il pourroit aussi-bien reduire en un globe seul une goutte de mercure & une goutte d'eau , & même cette cause n'auroit point de lieu dans la machine du vuide lorsqu'on a pompé l'air qui est dessous un recipient , car ce qui en reste n'a plus de ressort considerable & cependant les gouttes d'eau & celle de mercure se joignent ensemble & prennent une rondeur dans cet air extrêmement rarefié de la même maniere que dans l'air commun. Dans ces doutes on pourra se contenter de prendre pour principe d'experience que les fluides de même nature sont disposez à se joindre ensemble aussi-tôt qu'ils se touchent & l'on appellera cet effet si l'on veut , mouvement d'union. Il y a aussi de certains corps où l'eau ne s'attache point ou tres-difficilement comme la graisse , les feüilles de choux non maniées , les plumes de cignes & canars, & elles s'y mettent en petites boules , ou si elle y est en grande quantité elle se met en rondeur aux extremittez , le reste demeurant de niveau. Le mercure ne s'attache ny au verre ny au bois ny à la pierre ,

& c'est ce qui luy a donné le nom de vif-argent, car lorsqu'il est en petite quantité il roule sur ces matieres par sa pesanteur, jusques à ce qu'il rencontre de petits creux qui le retienne, mais il s'attache facilement à l'estain, à l'or, & à quelques autres metaux & même il s'y imbibe de maniere qu'il en discontinuë les parties & ne compose plus qu'un corps avec elles, c'est ce que les Chimistes appellent *amalgamer*.

SECOND DISCOURS.

De l'origine des Fontaines.

LEs vapeurs aqueuses qui s'élevent des mers, des rivières, & des terres humides étant arrivées à la moyenne region de l'air, & y ayant formé des nuées s'y refroidissent, & elles ne peuvent pas monter plus haut, parce qu'elles rencontrent un air moins condensé que celui qui est proche de la terre, & cet air étant moins pesant qu'elles ne les scauroit soutenir. Ces vapeurs étant agitées par les vents se rencontrent les unes les autres & s'attachent ensemble & de plusieurs petites gouttes imperceptibles il s'en fait d'assez grosses qui commencent à peser plus que l'air qui est au dessous, & en descendant peu à peu

elles en rencontrent d'autres plus petites d'où il arrive qu'elles se grossissent successivement , & par ce moyen elles deviennent enfin des gouttes de pluye ; celles qui viennent des nuées fort hautes sont les plus grosses parce qu'elles ont plus d'espace pour se grossir ; & Aristote s'est trompé quand il a soutenu le contraire : la raison qu'il en donne est que si l'on jette un seau d'eau par une fenestre fort élevée , elle se divise en de plus petites gouttes que si l'on ne l'avoit pas jettée de si haut ; mais cette comparaison est trompeuse , car il est bien vray qu'une goutte grosse comme le pouce tombant plus viste par l'air qu'une fort petite se separe facilement en deux ou trois parties par le choc de l'air , principalement quand il fait un grand vent , & ainsi les plus grosses gouttes ne sont ordinairement que d'environ trois lignes de largeur , & lorsque deux ou trois de ces gouttes se joignent ensemble elles se separent incontînêt après , mais elles ne peuvent arriver à cette grosseur de trois lignes de diametre qu'après s'être jointes plusieurs ensemble ; & on voit tomber souvent quand les broüillards s'épaississent de tres-petites gouttes de pluye qu'on ne peut bien discerner que quand il y a quelque objet noir par derriere.

Puis donc que la pluye en son commen-

cement est tres menuë , il est évident qu'il faut qu'elle tombe de fort haut pour se grossir; & c'est par cette raison que les pluies d'hyver sont ordinairement fort menuës parce que les nuës ne s'élèvent alors qu'à une petite hauteur. J'ay observé que l'air étant couvert de grosses nuës & faisant une pluye fort épaisse avec de grosses gouttes au bas d'une montagne fort haute , les gouttes étoient moindres à mesure que je montois au haut de la montagne , & quand je fus presque au plus haut , la pluye étoit tres menuë ; j'étois alors dans un broüillard qui m'avoit paru une nuée quand j'étois au bas de la montagne.

Une seule nuée poussée par des vents impetueux peut donner de la pluye successivement par une espace de plus de cinquante lieües , ce qu'on a remarqué souvent par les dégasts que fait la gresle qui se forme dans une seule nuée.

Les pluies étant tombées penetrent dans la terre par de petits canaux qu'elles y trouvent , ce qui fait que lorsqu'on creuse la terre un peu profondement on rencontre d'ordinaire de ces petits canaux , dont l'eau s'assemblant au fond de ce qu'on a creusé fait l'eau des puits , mais l'eau des pluies qui tombent sur les colines & sur les montagnes ayant penetré la surface de la terre , principalement quand elle est

legère & mêlée de cailloux & de racines d'arbres, rencontrent souvent de la terre glaise, ou des rochers continus le long desquelles elle coule ne les pouvant penetrer jusques à ce qu'étant au bas de la montagne ou à une distance considerable du sommet, elle ressort à l'air & forme les fontaines, cet effet de la nature est aisé à prouver ; car premierement l'eau des pluyes tombe toute l'année en assez grande abondance pour entretenir les fontaines & les rivières, comme on le fera voir ensuite par le calcul ; secondement on remarque tous les jours que les fontaines augmentent ou diminuent à mesure qu'il pleut ou qu'il ne pleut pas, & s'il se passe deux mois entiers sans pleuvoir considerablement, elles diminuent la plus-part de la moitié ; & si la secheresse continuë encore deux ou trois mois, la plus-part tarissent & les autres diminuent des $\frac{2}{3}$ ou des $\frac{3}{4}$ d'où l'on peut conclure que s'il cessoit un an entier de pleuvoir, il ne resteroit que fort peu de fontaines dont la plus-part seroient tres-petites ou qu'elles cesseroient toutes entierement.

Les grandes rivières comme la Seine, diminuent souvent à la fin de l'été de plus des $\frac{5}{6}$ de la grandeur qu'elles ont après les grandes pluyes, quoy-que la secheresse ne dure pas trois mois de suite : & s'il y a quel-

ques fontaines qui ne diminuent que de la moitié ou du tiers, cela procede de ce qu'elles ont de grands reservoirs. qu'elles ont creusé dans les rochers en ayant emporté les terres & ne s'étant fait que de petites issues : d'où vient qu'elles ne croissent pas tant que les autres par les pluyes continuelles. Quelques Philosophes apportent une autre cause de l'origine des fontaines, sçavoir qu'il s'élève des vapeurs du profond de la terre lesquelles rencontrant des Rochers au haut des montagnes en forme de voutes, s'y reduisent en eau comme dans le chapiteau d'un alambic, & que cette eau coule en suite au pied ou dans le penchant des montagnes; mais cette hypotese se peut difficilement soutenir, car si $A B C$ est une voute dans une montagne $D E F$; il est manifeste que si les vapeurs se rednisoient en eau dans le concave de cette surface $A B C$; elle tomberoit perpendiculairement vers $H G I$ & non vers L ou M , & par consequent elle ne feroit jamais aucune fontaine; d'ailleurs on nie qu'il y ait beaucoup de telles cavernes dans les montagnes & on ne sçauroit les faire voir, que si on dit qu'il y a de la terre à côté & au dessous de $A B C$, on répondra que les vapeurs s'échaperont à côté vers A & C & qu'il s'en resoudra fort peu en eau, & parce qu'on voit presque

roûjours de la terre glaise où il y a des fontaines, il est tres vray-semblable que ces pretenduës eaux alambiquées ne pourroient passer au travers, & par consequent que les fontaines ne peuvent pas être produites par cette cause.

Quelques Auteurs rapportent que des fontaines ont cessé de couler pour avoir donné jour à de grandes concavitez souterraines, d'où il étoit sorti une grande quantité de vapeurs qui se refouloient en eau dans ces cavernes : on peut répondre à cela que ces histoires sont suspectes, on ne nie pourtant pas qu'il n'y puisse avoir de telles dispositions dans le haut d'une montagne principalement dans celles qui sont couvertes de neige, que les vapeurs qui se condenseroient par la rencontre d'un grand lit de pierre comme dans un alambic, pourroient former quelque petit filet

d'eau qui sortiroit à côté ; mais cela est très difficile à rencontrer , & on n'en pourroit tirer de conséquence pour les autres Fontaines.

On objecte encore que les pluies de l'esté quoy-que très - grandes , n'entrent dans la terre que d'environ un demy pied , ce qu'on peut remarquer dans les jardins & dans les terres labourées : je demeure d'accord de l'expérience ; mais je soutiens que dans les terres non cultivées & dans les bois il y a plusieurs petits canaux qui sont fort près de la surface , dans lesquels l'eau de la pluie entre , & que ces canaux sont continuez jusques à une grande profondeur , comme on le voit dans les puits creusés profondément , & que quand il pleut dix ou douze jours de suite , à la fin le dessus des terres labourées s'humecte entièrement , & le reste de l'eau passe dans les petits canaux qui sont au-dessous , & qui n'ont pas esté rompus par le labourage.

On voit dans les caves de l'Observatoire Royale de Paris plusieurs gouttes d'eau qui tombent du haut des voutes naturelles de pierre qui y sont , mais il est aisé de remarquer qu'elles ne procedent pas des vapeurs , car on les voit toujours couler par quelques fentes ou par quelques petits trous du Rocher , les autres endroits demeurent secs ou fort peu humides , & cela

arrive après de grandes pluies : il y a même un endroit où est la plus grande voute, où il distille en tout temps beaucoup de gouttes d'eau, mais elles procedent d'un amas d'eau qui est directement au dessus.

Il y a des carrieres en plusieurs endroits dont le haut est en forme de voute, & il n'y a que vingt ou trente pieds de terre au dessus, où l'on peut remarquer que les petits égouts d'eau qui s'y font passent par de petites fentes entre les lits de pierre & qu'ils procedent des pluies, parce qu'ils ne paroissent qu'après de grandes pluies, & qu'ils ne durent que quinze jours ou trois semaines après qu'il a cessé de pleuvoir; & on peut facilement juger que les autres écoulemens des fontaines se font de la même sorte.

L'esté de l'année 1681. fut tres-séc en France, ce qui fit tarir la plus-part des puits & des fontaines en beaucoup d'endroits, & quoy-qu'il fit un assez grand froid à la fin d'Octobre & au commencement de Novembre, les eaux continuerent à diminuer, ce qu'elles n'eussent pas fait s'il se fût formé de l'eau par les vapeurs élevées des lieux souterrains & condensées par le froid de la surface de la terre. Il y a un creux dans les caves de l'Observatoire où il y avoit toujours de l'eau depuis l'année 1668. jusques en 1681. mais la secheresse de cette
année

année la fit dessecher entierement, & il n'y en avoit pas encore une seule goutte en Février 1682. quoy-qu'il eût beaucoup plu pendant plusieurs jours au commencement de ce mois; & l'esté suivant ayant été fort pluvieux, l'eau n'y revint pourtant point au mois de Septembre, ny même pendant les deux années suivantes.

Si l'on jette sur un terrain ferme & difficile à être penetré par l'eau, une grande quantité de pierres, de sable & de plâtras mêlez de terre jusques à dix ou douze pieds de hauteur, il se fera une petite fontaine au lieu le plus bas qui coulera toujours, si ce terrain est de la grandeur d'un arpent ou de deux.

J'ay veu cet effet dans une place où l'on avoit amassé des plâtras de la hauteur d'environ trois pieds, elle contenoit en surface un peu moins de 500. toises, il arrivoit que les eaux des pluyes qui tomboient sur cette place & sur les toits des maisons voisines étoient retenues par ces plâtras, & ne passioient que peu à peu à travers, & ne pouvant penetrer le pavé & le terrain ferme qui estoit au-dessous, & elles se rendoient enfin vers un endroit le plus bas où il se faisoit un petit filet d'eau continuel.

Quelquefois les terres des montagnes sont disposées de telle sorte que les eaux qui

y entrent peuvent ressortir à l'air & couler entre deux terres ou entre la terre & les rochers; & alors on ne peut les découvrir qu'en faisant des tranchées à my-côte assez profondes, & il arrive souvent qu'on ramasse des eaux en raisonnable quantité par cette manière, comme on l'a pratiqué en plusieurs endroits.

Il y a quelques fontaines qui viennent du milieu des montagnes, & elles se font lors que les eaux des pluies ayant trouvé passage par les terres sablonneuses & par les fentes des rochers jusques aux deux tiers ou aux trois quarts de l'intérieur de la montagne, il s'y trouve un fond continu de terre glaise très-dure, ou quelques lits de pierre continuë où l'eau s'arrête & s'amasse jusques à une hauteur considérable, laquelle faisant effort de tous côtez par sa pesanteur, fait enfin quelques ouvertures vers le bas de la montagne par quelques fentes des rochers. Ces sortes de fontaines durent plus que les autres pendant les grandes secheresses, & peuvent estre chargées de divers sels & d'autres matieres qui s'y dissolvent.

On voit quelques-fois des fontaines bien élevées dans le haut des montagnes, & quelques-uns soutiennent qu'elles sont au plus haut lieu; j'ay remarqué une de ces fontaines dans une montagne à deux

Lieuës de Dijon , elle donne beaucoup d'eau : & quand on en est fort près on ne voit qu'environ quarante pieds de hauteur de terrain au dessus dont la pente est tres-roide ; mais si l'on regarde de loin cette montagne , on la voit s'étendre par une pente assez sensible , jusques à plus de cinq cens toises de longueur & deux cens de largeur. Or en cet espace il tombe assez d'eau des pluyes pour entretenir cette fontaine comme il sera prouvé ensuite.

Il y a des lacs au dessus de quelques montagnes qui donnent de petits ruisseaux : cela peut arriver , parce qu'il y a des terres à l'entour du lac plus élevées que le niveau de l'eau & d'une grande étendue. M. Cassini m'a dit avoir veu en Italie un assez grand lac au dessus d'une haute montagne où il y avoit deçà & de là des élévations de terre de plus d'une demi-lieuë de longueur qui étoient souvent couvertes de neiges , dont les écoulemens avec celui des eaux des pluyes pouvoient aisément entretenir le lac , qui doit avoir un terrain tres-ferme au dessous ou des rochers continus , il y fait ordinairement tres-froid , c'est pourquoy cette eau ne s'exhale pas considérablement.

Il y a une fontaine au Mont-Valerien , à deux lieuës de Paris à peu près de même. Le terrain qui la produit a envi-

ron cent toises de longueur, & cinquante de largeur : elle est auprès d'une maison environ au tiers de la hauteur de la montagne. Il y a encore plusieurs autres endroits du même costé, dans lesquels on trouve de l'eau, & on y fait de petites fontaines coulantes, en creusant la terre de sept ou huit pieds de hauteur ; car si après avoir trouvé l'eau on continuë l'ouverture horizontalement tirant vers le bas jusques à ce qu'on ait gagné la hauteur du terrain, on aura une petite fontaine qui ne tarira que rarement. Il y a de l'autre costé de la même montagne tout au plus bas une assez belle fontaine qui ne tarit point. Il y en a aussi trois ou quatre à Mont-Martre ; la plus élevée est environ à 50. pieds au dessous du haut de la montagne ; le terrain qui produit la plus grande, n'a qu'environ 300. toises de longueur & 100. de largeur. Elle ne donne aussi que tres-peu d'eau, même après les grandes pluyes, les deux autres n'en donnent pas chacune le quart de la grande, & ne coulent qu'après de tres-grandes pluyes.

La ville de Langres est située à l'extrémité d'une éminence fort élevée, laquelle continuë dans la même hauteur jusques à une lieüe de longueur avec une mediocre largeur ; il y a une autre montagne vis-à-

vis de même hauteur & longueur à peu près, & de plus d'un quart de lieuë de largeur, entre ces deux montagnes il y a un grand valon où coule un assez grand ruisseau ou petite riviere qui procede de plusieurs fontaines qui ne sont pas beaucoup éloignées du sommet de ces montagnes, & il est aisé de juger qu'elles sont produites par les eaux des pluyes qui tombent sur les plaines qui sont au haut, & qui ont un terrain fort spacieux; il en vient davantage de celle qui a le plus d'étendue en largeur.

Toutes les autres fontaines sont à peu près semblables à celle-là & doivent avoir des hauteurs considerables au dessus de leur sortie. Il y a une campagne à six lieuës de Paris, entre la vallée de Palaizeau & celle de Marcouffi qui a plus de deux lieuës de longueur & une de largeur, où l'on voit des marres en quelques endroits qui ne sont surmontez que de cinq ou six pieds par les lieux les plus élevez, mais le terrain y est tres-dur à deux ou trois pieds de profondeur, particulièrement proche le Château de Bauregard où il y a trois ou 4. de ces mares, & ce terrain est tellement impenetrable à l'eau, que pour y faire une conduite d'eau, on s'est contenté de creuser un petit fossé à deux ou trois pieds de profondeur, & le remplir de pierres sans

mettre aucun ciment au fond.

On pourroit objecter qu'il ne tombe pas assez d'eau en toute l'année pour fournir aux grandes rivières qui se déchargent dans la mer.

Pour résoudre cette difficulté je me fers d'une expérience qui a été faite à ma prière il y a sept ou huit ans à Dijon par un tres-habile homme & tres-exact dans ses expériences. Il avoit mis vers le haut de la maison un vaisseau quarré qui avoit environ deux pieds de diametre , au fond duquel il y avoit un tuyau qui portoit l'eau de la pluye qui y tomboit dans un vaisseau cylindrique, où il estoit facile de la mesurer toutes les fois qu'il pleuvoit ; Car quand l'eau estoit dans ce vaisseau cylindrique, il s'en exhaloit fort peu pendant cinq ou six jours. Le vaisseau de deux pieds estoit soutenu par une barre de fer qui s'avançoit de plus de six pieds au-delà de la fenestre où elle estoit posée & arrestée, afin qu'il ne reçût que l'eau de la pluye qui tomboit immédiatement dans la largeur de son ouverture, & qu'il n'y entrât que celle qui y devoit tomber selon la proportion de sa surface supérieure. Le resultat de ces expériences fut qu'en une année il pouvoit ordinairement tomber des eaux de la pluye jusques à la hauteur d'environ dix-sept pouces. L'Auteur du livre intitulé

de l'Origine des Fontaines, assure avoir fait une semblable experience pendant trois années, & que l'une portant l'autre il étoit tombé de l'eau de la pluye en un an jusques à 19 pouces 2 lignes $\frac{1}{3}$ de hauteur.

Je prens moins que ces observations, & je suppose qu'en un an il tombe seulement de l'eau de la pluye jusques à 15 pouces de hauteur, sur ce pied-là une toise recevroit en un an 45 pieds cubes d'eau, & supposant qu'une lieuë contienne de longueur 2300 toises; une lieuë quarrée contiendrait 5290000 toises superficielles, qui multipliées par 45 donnent 238050000. pieds cubes.

Les sources les p^us éloignées de la Seine sont à 60 lieuës de Paris à peu près, sçavoir celles de la riviere d'Armançon & des autres rivieres qui entrent dans les rivieres d'Yonne & de la Seine, à les prendre depuis les sources les plus proches de la Loire auprès de la Charité, & celles qui entrent dans la Marne depuis celles qui sont les plus proches de la Meuse au-delà de Bar-le-Duc. La distance de ces sources les plus éloignées l'une de l'autre est de près de 60 lieuës. Que si l'on coupe la riviere de Seine par une ligne perpendiculaire qui passe à cinq ou six lieuës de Paris, du côté de Corbeil, on trouve des sources vers les extremi-

tez de cette ligne qui sont distantes l'une de l'autre d'environ 45 lieues. Je suppose donc que la contenance de toute cette étendue de pais est de 60 lieues de longueur revêtuë , & de 50. lieues de largeur qui font 3000 lieues superficielles dont le produit par 238050000 est 714150000000 d'où l'on voit que les terres qui fournissent l'eau de la Seine à Paris, reçoivent des pluies 714150000000 pieds cubes d'eau en un an.

La Seine au dessus du Pont-Royal lorsqu'elle touche les deux quais sans couvrir que tres-peu l'extremité du terrain de part & d'autre à 400 pieds de largeur & cinq pieds de profondeur moyenne , elle est alors dans sa moyenne grandeur , sa vitesse au haut de l'eau est telle qu'elle fait environ 150 pieds en une minute , elle en fait 250 quand les eaux sont en leur plus grande hauteur : car un bâton qui est emporté par le milieu du courant , va aussi vite qu'un homme qui marche bien fort , lequel peut faire 15000 pieds en une heure , & par consequent 250 en une minute , c'est-à-dire environ 4 pieds en une seconde ; Mais parce que le fond de l'eau ne va pas si vite que le milieu , ny le milieu que la surface supérieure , comme il sera prouvé ensuite ; on peut prendre pour vitesse moyenne 100 pieds en une minute.

Le produit de 400 pieds de largeur par 5. pieds de hauteur moyenne est 2000 ; car elle a 8 ou 10 pieds en des endroits & six, ou trois, ou deux en d'autres, & le produit de 200 par 10 pieds, fait 2000000 pieds cubes, & par conséquent il passe par une section du lit de la riviere de Seine au dessus du Pont-Royal 200 mille pieds cubes en une minute & 12000000 en une heure, & en 24 heures 288000000, & en un an 105120000000, qui n'est pas la 6^e partie de l'eau qui tombe en un an par les pluyes & les neiges ; sçavoir 714150000000 pieds cubes. Il est donc manifeste que quand le tiers de l'eau des pluyes s'éleveroit en vapeurs incontinent après être tombée, & que la moitié du reste demeureroit dans les terres superficielles pour les tenir mouillées comme on les voit ordinairement, & dans les lieux souterrains au dessous des grandes plaines, qu'il n'y auroit que le reste qui s'écoulât par de petits conduits pour faire les fontaines au dessous ou au penchant des montagnes, il y en auroit assez pour produire ces fontaines, & les rivieres telles qu'on les voit. Si on prend 18 pouces au lieu de 15 dans le calcul cy-dessus, on trouvera au lieu de 714150000000, 8569800000000 pieds cubes qui donneront huit fois plus d'eau que la Seine n'en fournit.

Pour calculer l'eau de la plus grande fontaine de Mont-Martre , il faut multiplier 300 toises de longueur par 100 de largeur , le produit est 30000 toises qui donneront à 54 pieds cubes par toise , 1620000 pieds cubes , à peu près en un an. Or le terrain de cette montagne est sablonneux jusques à 2 ou 3 pieds de profondeur , & le dessous est une terre glaise ; une partie de l'eau des grandes pluies coule d'abord au bas de la montagne , une partie du reste demeure dans le sable proche de la surface , le reste coule entre le sable & la glaise , & si l'on suppose que ce ne soit que la quatrième partie du total , qui est de 56700000 pintes en un an , ou 155341 en un jour , ce qui fait 6472 pintes en une heure , & 107 en une minute , ce quart seroit environ 26 pintes par minute que devroit donner cette fontaine , & c'est ce qu'elle donne à fort peu près , lorsqu'elle est plus que mediocre.

TROISIEME DISCOURS.

De l'Origine des causes & des Vents.

L'Origine des vents est beaucoup plus difficile à découvrir que celle des fontaines , parce que chaque fontaine ayant

le commencement de sa production, & l'issuë de sa source en une seule montagne, un seul homme en peut observer toutes les plus considérables circonstances; mais un même vent s'étendant bien souvent par l'espace de plus de 100 lieux, il faut nécessairement plusieurs observateurs en même-temps, pour sçavoir où il commence & où il finit, & quel espace il occupe en largeur.

J'ay entrepris plusieurs fois d'avoir des correspondances pour ces observations dans des étendus de sept ou huit cens lieux en plusieurs endroits de l'Europe en même-temps, comme depuis Paris jusqu'à Varsovie & vers les extremités de l'Italie & l'Espagne, & depuis Londres jusqu'à Constantinople, de cent lieux en cent lieux; mais quoyque plusieurs curieux à qui j'en avois parlé ou écrit me l'eussent promis, & que de mon côté je fisse exactement les miennes à Paris & ailleurs, je n'en ay pû avoir que fort peu de correspondantes dont je parleray dans la suite.

Aristote & quelques autres Philosophes ont cru que les vents procedent des exhalaisons ou fumées élevées de la terre, lorsqu'elles se réfléchissent après être montées perpendiculairement jusques à la moyenne region de l'air. Cette opinion a fort peu de vray-semblance, car les exha-

laissons s'élevent fort lentement , & par consequent leur reflexion ne peut donner qu'un foible mouvement à l'air , & ne peut produire qu'un vent tres-mediocre , qui ne regneroit ordinairement que dans la moyenne region de l'air , & ne descendroit pas jusques à la surface de la terre. Il est vray que s'il s'éleve en quelque lieu particulier une extraordinaire quantité d'exhalaisons & de vapeurs , elles pourroient occuper assez de place dans l'air pour en repousser une partie en circonference , mais ce mouvement d'air seul seroit trop foible pour produire un vent considerable , & qui eût une vitesse égale à celle de la plus-part des vents. Il s'en suivroit aussi si cette opinion étoit veritable , qu'il ne viendrait point de vents de la mer Oceane vers les côtes de France & d'Espagne , puisqu'il ne s'éleve point d'exhalaisons des eaux de la mer ou tres-pen ; mais seulement des vapeurs aqueuses ; & cependant il s'y fait souvent des vents d'Occident tres-violens.

Monsieur Descartes qui a voulu rendre raison de toutes choses , a cru que les nuées qui étoient sur le point de se resoudre en pluye , pouvoient produire les vents en tombant d'enhaut les unes sur les autres ; mais il n'a pas consideré qu'il n'y a point de nuée si épaisse qui n'ait beau-

coup d'air dans les intervalles des vapeurs qui la composent, & que par cette raison l'air qui est entre-deux nuées peut passer facilement au travers à mesure qu'elles s'approchent l'une de l'autre, ou qu'elles tombent de haut en bas vers la terre; ajoutez à cela que les nuées superieures descendent si lentement sur les inferieures, qu'il est impossible qu'elles donnent une grande vitesse à l'air qui est entre-deux, & il ne peut jamais en resulter un mouvement d'air d'un seul côté qui puisse être porté par une espace tant soit peu considerable. La raison qu'apporte cet Auteur pour prouver que ces nuées fort élevées produisent les tempestes, sçavoir que plus les corps pesans tombent de haut, plus leur chute est impetueuse, est un pur sophisme : car cela n'arrive qu'aux corps fort pesans comme les pierres & les metaux, mais à l'égard des nuées qui commencent à descendre quand elles sont sur le point de se rendre en petites gouttes de pluyes, la plus grande vitesse qu'elles puissent acquerir en descendant, est de faire cinq ou six pieds en l'espace d'une seconde, & ces petites gouttes peuvent acquerir cette vitesse en venant seulement de cinquante pieds de haut. Ce même Auteur a encore tâché d'expliquer les vents par les dilatations inégales des va-

peurs , & a soutenu que les vapeurs se dilatant mille fois plus que l'air à proportion , elles doivent être les causes des vents , donnant pour exemple le vent des Eolipiles ; mais tous ces raisonnemens sont fondez sur de fausses suppositions : car il n'est point vray que l'eau étant extrêmement échauffée ne produise que des vapeurs , car elle produit aussi beaucoup d'air & d'autres matieres encore plus rarefiées , comme il a été expliqué cy-devant , & c'est ce qui fait le vent des Eolipiles , & non pas les vapeurs aqueuses que ces matieres rarefiées font sortir avec elles. Car les vapeurs qui ne sont autre chose que de petites parcelles d'eau que la chaleur fait separer du reste de l'eau , ne se change point en air , & n'occupe pas davantage d'espace pour être plus rarefiées , puisque cette dilatation n'est à parler proprement qu'une separation de ces petites parcelles ; de la même maniere que lorsqu'on jette en l'air une poignée de cendres ou de poussiere dans une chambre , les petites parcelles de la cendre étant éparées , n'occupent pas plus de place dans la chambre que lorsqu'elles étoient dans la main , & ne poussent pas l'air au dehors pour se faire faire place ; & s'il étoit vray que les vapeurs qui composent une nuée fissent naître des vents , la nuée demeureroit

I. Partie.

immobile & pousseroit des vents de toutes part autour d'elle, ce qui est contraire aux observations ; car on voit par expérience que les vents poussent & emportent les nuées d'un seul côté, & qu'ils occupent beaucoup plus d'espace en largeur que les plus grosses nuées. J'observay un jour étant au haut de la plate-forme de l'Observatoire, qu'il venoit une grosse nuée du côté du Couchant, dont on voyoit tomber une pluie fort épaisse ; cette pluie tomboit à 300. pas de l'Observatoire ; qu'on ne sentoit encore aucun vent considerable sur la plate-forme ; Je descendis avec ceux qui étoient avec moy pour éviter l'orage qui dura sept ou huit minutes, & lorsqu'il fut fini, je vis la nuée qui étoit passée, & qui étoit déjà fort éloignée ; mais il ne faisoit plus de vent considerable sur la plate-forme ; ce qui me fit connoître manifestement, que c'étoit le vent qui avoit causé cette pluie, & que la nuée d'où tomboit la pluie n'avoit pas produit le vent qui la pouffoit, ce que j'explique en la maniere suivante.

Lorsqu'il s'excite par quelque cause que ce soit un vent assez grand en une partie de l'air proche de la terre, il chasse devant luy les vapeurs qu'il rencontre, & les amasse les unes contre les autres en peu de tems ; car s'il souffle avec une

vitesse à faire 20 ou 25 pieds par seconde ; il peut passer 6 ou 7 lieuës en une heure , & former une nuée de plus d'une lieuë de longueur & de largeur , comme étoit celle dont je viens de parler , & enfin lorsque les petites parcelles d'eau qui composent les vapeurs sont tres-pressées par le vent , il s'en forme des gouttes de pluye , comme il a été expliqué cy - devant , d'où il s'ensuit que c'est le vent qui fait les nuées & les pluies , & que les nuées ne font point le vent.

Voici quelques conjectures qui me paroissent fort vray-semblables sur les veritables causes des vents , lesquelles j'ay fondées sur plusieurs observations que j'ay faites ou fait faire , ou que j'ay tirées de plusieurs relations de voyages de mer.

Je suppose que quelque vitesse qui puisse être donnée à un espace d'air de la grosseur d'une nuée , il ne peut continuer un mouvement sensible au travers du reste de l'air immobile que jusques à un quart de lieuë au plus , ce qui est aisé à prouver par experience en poussant le vent d'un soufflet d'une extremité d'une chambre vers l'autre.

Je suppose encore qu'il s'éleve plus de vapeurs des eaux des mers que des terres , & plus de fumées salpêtreuses & sulphurées des terres découvertes , que
de

de celles qui sont sous les eaux.

Cela étant supposé , je dis qu'il y a trois causes principales des vents , & quelques autres causes particulieres & moins importantes. Les trois principales & generales , sont 1° le mouvement de la terre de l'Occident à l'Orient , ou si l'on n'admet point cette hypotese , celui du Ciel de l'Orient à l'Occident.

2° Les vicissitudes des rarefactions de l'air par la chaleur du Soleil , & de ses condensations lorsque le Soleil cesse de l'échauffer.

3° Les vicissitudes des élévations de la Lune vers son apogée , & de ses descentes vers son perigée.

Les causes particulieres les plus considerables sont, 1° Quelques élévations extraordinaires d'exhalaisons & de vapeurs de la terre en certains lieux.

1° La cheue de s grosses pluyes , ou de quelques gresles grosses & épaissies.

3° Les éruptions de quantité d'exhalaisons sulphurées & salpetreuses dans les tremblemens de terre.

4° Les soudaines fontes des neiges dans les hautes montagnes. Ces causes particulieres fortifient les causes principales , ou diminuent & empêchent leurs efforts selon la diversité des lieux & des tems , par plusieurs combinaisons. Les éruptions

des exhalaisons peuvent être fort irrégulières dans les périodes des temps, & dans leur quantité & leur force, comme on voit des irrégularitez dans les périodes des tremblemens de terre, & dans la variation de l'aiguille aimantée, & l'on peut rapporter les unes & les autres à quelques grands changemens qui se font de temps en temps dans l'intérieur de la terre. L'on voit aussi que les montagnes ardentes ne font pas leurs éruptions embrasées en des intervalles de temps limitez & périodiques.

Par ces causes tant générales que particulières, on peut expliquer tous les vents, comme on le verra dans la suite.

Il est manifeste, que si la terre se meut autour de son centre d'Ocident en Orient la surface va beaucoup plus vite sous la ligne équinoxiale, qu'au 30 ou 40 degré de latitude de part & d'autre, & que cette surface entraîne avec soi l'air qui en est proche, mais avec un peu moins de vitesse, ce qui doit faire paroître un mouvement d'air, d'Orient en Occident à ceux qui sont sous l'équateur, jusques à une latitude de plus de vingt degrez de part & d'autre, puisque ce mouvement étant plus vite que celui de l'air qui la suit, ils doivent sentir le chocq de l'air qu'ils rencontrent successivement, & c'est

de là que peuvent proceder ces vents qu'on appelle Alizez, qui regnent presque toujours entre les deux tropiques; mais qui ont cette difference, que lorsque le Soleil est au tropique du Cancer, il se fait ordinairement un vent d'*Est-nord-est*, ou de *Nord-est*, & que quand il est vers le tropique de Capricorne, ce vent est ordinairement *Sud-est*, ce qu'on explique aisément par la seconde cause; sçavoir, la rarefaction de l'air excitée par la chaleur du Soleil: Car lorsqu'il est dans les signes du Capicorne & du Sagittaire, il échauffe beaucoup l'air & les terres qui sont au dessous: d'où il arrive que cet air étant extrêmement dilaté, & celui qui est sous les signes opposez s'étant condensé en même temps par le froid de l'hyver qui y regne alors; il se fait necessairement un mouvement d'air du midy vers le Septentrion, lequel se joignant au mouvement qui va d'Orient en Occident, il doit faire un vent composé des deux; Sçavoir un *Sud-est*, ou *Est-Sud-est*; & au contraire quand le Soleil est dans le tropique du Cancer, il doit se faire un mouvement d'air du Septentrion vers l'autre Pole, qui se joignant au même mouvement de l'Orient à l'Occident, fait le vent de *Nord-est*, ou d'*Est-nord-est*.

Les Relations de quelques Pilotes por-

rent que les vents d'Occident regnent ordinairement dans la mer Oceane , depuis le 27 degré jusques au 40 : J'explique ces vents en la maniere suivante , prenant le 33 degré de latitude pour exemple.

L'air qui est entre les deux tropiques va un peu moins vite vers l'Orient que la terre qui est au dessous , puisqu'on n'y sent qu'un vent mediocre , qui ne fait pas ordinairement plus de huit ou dix pieds en une seconde , au lieu que la surface de la terre qui est sous l'équateur , fait dans le même-temps environ 1423 pieds : mais la surface de la terre au 33 degré de latitude , ne fait que 1195 pieds ; & par conséquent si l'air qui est en ce parallele alloit aussi vite que celui qui est sous l'équateur , il iroit plus vite que cette surface d'environ 228 pieds par seconde. Or si l'air du 33 degré n'avoit son mouvement que de la terre qui est au dessous qui l'entraine , on y sentiroit un vent d'Orient , dont la vitesse seroit d'environ 8 ou 10 pieds par seconde ; mais parce que l'air qui est depuis l'équateur jusques au 10 degré , entraine celui qui est à côté toujours en diminuant jusques au 33 degré , il peut arriver que cette diminution s'y reduise à 20 pieds par seconde , de maniere qu'étant jointe à la diminution de 10

pieds par seconde en un sens contraire qui se feroit s'il n'y avoit point d'autre cause, l'air y sera poussé à faire 10 pieds par seconde, plus que la surface de la terre vers l'Orient, & qu'on y sentira un vent d'Occident, aussi grand que les vents Alizez le sont entre les deux tropiques. Ajoutez à cela que les vents Alizez rencontrant les côtes de l'Amerique courbées en demylune depuis la Cayenne jusques au Golphe de Mexique, peuvent se réfléchir contre leurs hautes montagnes, & aider à produire ces vents d'Occident, & augmenter leur vitesse, & ces vents seroient perpetuels s'ils n'étoient empêchez quelquefois par une ou plusieurs des autres causes dont on a parlé cy-devant.

Il y a beaucoup d'endroits entre les deux tropiques où il se fait des vents extraordinaires qui viennent des terres vers la mer sur l'entrée de la nuit, & de la mer contre les côtes depuis que le Soleil est levé jusques vers midy ; on explique ces vents en la maniere suivante.

Supposons une grande Isle qui soit au 15 ou au 20 degré de latitude, où les vents Alizez peuvent être foibles ; le Soleil échauffant les terres de cette Isle depuis midy jusques à 4 ou 5 heures du soir, & en même temps la mer qui en est proche, il ne se fait point de mouvement d'air

sensible par cette cause ; mais immédiatement après le Soleil couché , l'air de la mer se condense beaucoup en se refroidissant , & les terres de l'Isle conservant longtemps leur chaleur , l'air qui est au dessus ne se condense que peu à peu , & beaucoup moins au commencement que celui de la mer ; d'où il doit arriver qu'il se fera un vent par le mouvement de l'air de l'Isle qui coule pour remplir la place de celui qui s'est beaucoup condensé au dessus de la mer voisine. Mais au moment que le Soleil se lève , les terres de l'Isle étant refroidies par la longueur de la nuit , & l'air s'y étant beaucoup condensé , il se doit faire un reflux de l'air qui s'étoit avancé vers la mer , assez grand pour produire un petit vent venant de la mer contre les côtes.

Les vicissitudes des vents, ou leur flux & reflux se remarquent encore selon quelques Relations le long de la mer Méditerranée en de certaines saisons de l'année ; car elles assurent qu'il s'y fait un vent d'Orient le matin , & un vent d'Occident le soir. Le premier peut proceder de la dilatation de l'air qui se fait vers les pays qui sont Orientaux à cette mer ; sçavoir : la Natolie , l'Arabie , &c. où le Soleil est déjà fort élevé , quand il se lève à l'égard du milieu de la Méditerranée , & cette di-

l'atation peut faire sentir un vent d'Orient vers les Isles de Malte & de Sicile : mais deux ou trois heures après midy le vent d'Occident s'y doit faire sentir jusques bien avant dans la nuit, à cause de la dilatation de l'air par la chaleur du Soleil, qui échauffe alors fortement les terres qui sont au delà de cette mer en Espagne & en l'Afrique, & cesse d'échauffer celles qui sont vers l'Orient ; d'où il arrive nécessairement qu'il se fait un reflux d'air de l'Occident vers l'Orient dans le milieu de la Méditerranée.

Dans le commencement de Novembre il se fait dans l'Isle de France, dans la Bourgogne, & dans la Champagne des vents du *Sud* qui amènent de grandes pluies ; parce qu'alors les terres vers le Pôle Septentrional ne voyent plus le Soleil, & l'air s'y condense beaucoup par un froid excessif, d'où il arrive que les terres de l'Afrique étant alors beaucoup échauffées, y poussent leur air plusieurs jours durant, & y en font amasser au delà de l'équilibre dont il réfluë & fait un vent de *Nord-est* assez doux à cause du vent du Midy qui y a porté un air chaud, lequel venant à réfluër donne un beau temps & peu froid 3 ou 4 jours de suite, & c'est ce qu'on appelle l'esté de la Saint Denis ou de la Saint Martin.

On peut aisément comprendre que lorsque le Soleil luit à plomb sur un grand espace de terre , l'air qui est au dessus s'échauffe beaucoup , & s'étend de toutes parts en circonference , & que l'air s'y refroidissant de toutes parts en circonference , par l'absence du Soleil , il y doit venir un reflux d'air. Ce flux & reflux de l'air se voit bien souvent en petit. Monsieur Huggens me dit un jour qu'il avoit observé que sa chambre étant bien fermée , son Barometre qui étoit un de ceux qui font baisser leur liqueur par la plus grande pesanteur de l'air , & dont les changemens de hauteur sont fort sensibles , s'étoit baissé & haussé alternativement plusieurs fois en un quart-d'heure. J'en attribuai la cause à quelque vent qui s'étoit rabatu dans la cheminée de sa chambre , lequel y ayant pressé l'air , luy avoit donné une plus grande force de ressort qui avoit fait descendre la liqueur de son Barometre , & cet air condensé ayant ensuite la liberté de s'étendre par la cessation de la cause , repassoit par la cheminée , & son ressort étant diminué la liqueur du Barometre remontoit ; & parce que le mouvement acquis par l'air qui remontoit par le tuyau de la cheminée en faisoit sortir beaucoup plus que selon la proportion de l'équilibre , il se faisoit

faisoit de nouveau une descente de l'air par le-même tuyau, qui mettoit en colere la condensation de l'air de la chambre au delà de l'équilibre, & faisoit descendre la liqueur du Barometre, & ainsi de suite, en diminuant peu à peu jusques à une entière reduction à l'équilibre

J'ay vû un semblable effet dans un fourneau où l'on faisoit de la chaux, il étoit comme une petite chambre voûtée où il y avoit dans le milieu une fenêtré quarrée d'un pied & demy de largeur, par laquelle on jettoit le bois pour entretenir le feu. Il arrivoit que le feu étant grand, l'air enfermé se dilatoit extrêmement, & qu'il sortoit en partie par la fenêtré avec beaucoup de vitesse, & le feu s'étant alors diminué par le défaut de l'air, la chaleur de l'air enfermé diminuoit, & devenant par consequent moins rarefié, il en rentroit necessairement par la fenêtré en forme de vent qui souffloit le feu & le ralumoit, ce qui faisoit dilater l'air de nouveau par une augmentation de chaleur, & le faisoit ressortir encore par la fenêtré. Cette vicissitude faisoit une espece de respiration semblable à celle des animaux; ceux qui faisoient ce travail me dirent que la même chose se faisoit dans tous leurs fourneaux à chaux, & ils me firent remar-

quer que les papillons & les autres animaux qui volent la nuit vers la lueur du feu, étant à un pied ou deux de la fenêtre étoient entraînez dans le fourneau par l'air qui y rentroit avec une grande vitesse après en être sorti. Le temps de chaque respiration étoit trois ou quatre fois plus long que celui de la respiration des animaux.

J'ay remarqué par plusieurs observations qu'à Paris & dans le voisinage, les vents font en 15 jours à peu près une révolution entière, soufflant successivement de toutes les parties de l'horison, & qu'aux nouvelles & pleines-lunes le vent est presque toujours *N. & N. E.* C'est à-dire, que s'il se fait un vent de *Nord* à la nouvelle lune, il passe à l'*Est* dans trois ou quatre jours, & en suite au *Sud*, puis à l'*Oüest*, & se remet au *Nord* vers la pleine-lune, d'où il repasse successivement vers l'*Est*, le *Sud* & l'*Oüest*, revient à la nouvelle lune au *Nord* ou au *Nord-est*. Quelques-uns de ces vents tournent quelques-fois un peu en arrière, comme de l'*Oüest* au *Sud-Oüest*, & du *Nord-Est* au *Nord*, & alors ces vents durent sept ou huit jours : mais ils ne font presque jamais un tour entier. Il arrive aussi quelques-fois que le vent passe de l'*Oüest* au *Nord-Est*, & de l'*Est* au *Sud-Oüest*, sans que les vents d'en-

tre-deux se fassent remarquer.

On peut expliquer ces revolutions de vents par la troisieme cause principale, en la maniere suivante.

Il est tres-vray - semblable que la Lune se levant à son apogée doit entrainer beaucoup d'air après elle, si l'on suppose qu'elle nage dans l'air, & que son diametre soit de 5 à 6 cens lieues, comme les Astronomes l'assurent; car en s'élevant elle doit entrainer l'air qui est luy proche, celui-cy l'air qui est au dessous, jusqu'aux terres qui sont sous la zone torride; & par cette raison l'air qui est proche des poles de part & d'autre y doit couler pour conserver l'équilibre du ressort, ce qui doit produire le *Nord* vers le milieu de la zone temperée Septentrionale, lequel se joignant avec le vent *d'Est* qui est produit par la même cause premiere, sçavoir par le mouvement de la terre, compose le *Nord-Est* qui regne à Paris ordinairement dans les nouvelles lunes.

Il se doit faire encore un petit vent de *Nord* par le grand mouvement de l'air entrainé par la terre, depuis la ligne équinoctiale jusques au 50. ou 60. degré. J'ay experimenté que faisant tourner bien vite une boule de plomb de deux pouces de diametre proche d'un seau plein d'eau, il s'élevoit vers la boule de petites saletez qui étoient au fond du seau; & ayant sus-

pendu une boule de 8 pouces de diametre, & la faisant tourner mediocrement vite, il se faisoit un grand mouvement d'air à côté, & un autre fort petit de bas en haut vers le pole de la boule; ce que je connoissois par de petits duvers posez sur le haut d'un petit bâton perpendiculaire, distant de deux ou trois pouces de la boule, lesquels se mouvoient comme pour se lever vers elle; mais ce vent étoit tres-foible. D'où l'on peut juger que l'air vers les poles se meut contre la terre, & peut s'étendre jusques au 50 degré, & puis incontinent après que cette cause a cessé, & avant que le reflux de l'air élevé par la lune revienne vers les poles, & le mouvement de la terre d'Occident en Orient peut faire paroître un vent *d'Est* seul, qui d'ordinaire ne dure qu'un jour ou deux: car la lune revenant à son perigée, pousse reciproquement l'air vers les poles, & il se fait au commencement un *Sud-Est* par la combinaison de ce mouvement d'air vers les poles, & de celui qui vient de l'Orient. Le Sud predomine ensuite jusques à ce que le grand mouvement des vents d'Occident qui regnent jusques au 40 degré, comme il a été dit, & qui peuvent quelquesfois s'étendre à huit ou dix degrez plus loin, s'avancant un peu vers les climats Septentrionaux, & se mé-

Tant avec les vents du *Sud*, fassent le *Sud Oüest*; & le reflux du *Sud* étant cessé, le seul vent d'*Oüest* peut regner jusques à ce que le reflux de l'air, que le *Sud* avoit poussé vers le *Nord*, joint à celui qui est entraîné par l'élevation suivante de la lune vers son apogée, & par le petit mouvement dont il a été parlé, fasse le *Nord* & le *Nord-Est*, comme à la nouvelle lune. Cette période & vicissitude des vents arrive deux fois à chaque mois lunaire. J'ay l'ay observé pendant plusieurs années, & quoy qu'il y arrive quelques irregularitez par les combinaisons des causes particulieres; j'ay presque toujours trouvé que le *Nord-Est* regnoit aux nouvelles & pleines lunes : & le *Sud* & l'*Oüest* aux quadratures : mais on doit remarquer, que comme dans les Rivieres où le flux de la mer est poussé bien haut, le reflux commence à se faire vers leurs embouchures pendant que le flux monte encore aux endroits les plus éloignés; ainsi le *Nord* ou le *Nord-Est* ne soufflent pas à Paris en même-temps que la lune est à son apogée, & que ce n'est qu'après qu'elle s'est beaucoup rapprochée de la terre. Il est encore aisé de juger que lorsque la lune est vers le tropique du Capricorne dans sa plus grande latitude australe, l'air qu'elle eleve alors ou qu'elle re-

poussé, met beaucoup plus de temps à faire sentir son mouvement vers les pays Septentrionaux, que lorsqu'elle est à sa plus grande proximité du pôle Boreal, & même que le mouvement peut être trop foible pour s'étendre jusques vers le 50 degré de latitude Septentrionale. J'ay observé quelquesfois à Paris que le vent ayant été *Nord-Est* 7 ou 8 jours de suite, & que les vents du *Sud* devant souffler à leur tour, le *Nord-Est* regnoit encore par bas; mais il y avoit des nuées fort élevées qui étoient poussées en même temps par le *Sud*, mais fort foiblement; ce qui me fit juger que vers le 40 degré de latitude le *Sud* & le *Sud-Ouest* pouvoient être alors assez grands pour y regner seuls. Il doit arriver aussi que les elevations inégales de la lune feront des differences considerables à l'égard de ces vents, & tant pour leurs forces, que pour les jours où ils doivent regner. Il est même necessaire qu'il arrive beaucoup d'irregularitez dans ces vents par le mélange des causes particulieres dont il a été parlé; mais ces vents doivent être moins irreguliers dans les lieux où il y a peu de montagnes, comme dans l'Isle de France & dans la Champagne, que dans les lieux fort montagneux.

Le mouvement des vents n'est jamais

uniforme non plus que le courant des rivières, & il s'y fait de la même manière des vagues & des tournoyemens qu'on appelle des tourbillons qui ont de différentes vitesses. On observe dans les grands orages que dans une largeur d'un quart de lieuë, où la plus-part des arbres ont été abatus, il y a des intervalles où il n'y en a point d'abatus, parce que le vent y a été moins violent. On remarque aussi que tous les vents soufflent à reprises & par bouffées, ce qu'on reconnoît même par le son des cloches qu'on entend s'affoiblir ou s'augmenter dans de petites intervalles de temps. En voicy les causes. Supposons qu'un grand vent ayant beaucoup de largeur rencontre vers G des maisons & de petites éminences, qui le fassent réfléchir en quelques endroits, & faire des vagues non parallèles comme A, B, C, D, il est évident que le ressort qu'elles feront par leur rencontre en B, fera aller

plus vite la vague BD, & que celle qui est

dans la direction G.B. choquera ensuite bien plus foiblement l'oreille en B. La mesme chose doit arriver en tous les autres endroits du vent.

Il arrive quelque-fois que lorsqu'un grand vent en rencontre à côté un autre plus foible, soit qu'il luy soit opposé ou non, il emporte l'air qui luy est le plus proche, & le fait tourner en rond avec une grande vitesse, & ce tournoyement d'air qu'on appelle un tourbillon, s'avance avec le vent le plus fort, & enleve tout ce qu'il enveloppe qui n'a pas beaucoup de pesanteur; comme la poussiere, les feuilles seches, & même des tas de foin tous entiers qui vont quelquesfois tomber à plus d'un quart de lieuë de distance. Ces tourbillons enlèvent aussi quelquesfois une grande quantité de l'eau de la mer, qui paroît à ceux qui la voyent de loin, comme une grande colonne d'eau.

On voit un exemple de ces vents qui vont à côté l'un de l'autre en un sens contraire dans de certaines cheminées lorsqu'on y fait un grand feu, la chambre demeurant fermée: car l'air rarefié & la flamme qui s'élèvent font suivre une partie de l'air de la chambre, & celui qui reste étant trop dilaté par ce moyen, il faut necessairement qu'il en revienne de haut en bas par la cheminée, lequel ramene

une partie de la fumée, & la répand par la chambre, & ordinairement la fumée & l'air rarefié montent d'un côté, & l'air pesant descend par l'autre avec une partie de la fumée, ce qu'on évite en laissant la porte ou une fenêtrre à demy-ouverte : car l'air qui y entre suit le mouvement de la fumée par la cheminée, & remplit suffisamment la chambre ; & s'il y avoit seulement un trou d'un pouce de diametre dans la fenêtrre ou dans la porte pour laisser entrer l'air du dehors, il s'y feroit un vent si grand qu'il éteindroit les chandelles qu'on y exposeroit.

Lorsque le vent rencontre un obstacle comme une grande muraille, il change sa direction, & se rabat au-delà de cet obstacle, comme on le voit dans cette figure,

en laquelle A B représente la muraille ; & les lignes C A , G H , I L , F B , la direction du vent étant libre. Or il est évident que l'air se met en ressort entre A & B , & que ne pouvant s'étendre vers embas , il s'étend du côté de C A , comme jusques à D E , & l'air qui est vers R ayant peu de mouvement , celui qui est en D E M , y est poussé par celui qui est plus haut de M en N comme on le voit arriver à l'eau , au-delà des piles des ponts où elle est fort rapide.

De là il s'ensuit , que si du côté que vient le vent il y a une muraille plus haute qu'une cheminée , la fumée en sort difficilement , parce que le vent rabat en tourbillon après avoir passé la muraille , & entre avec force dans le tuyau de la cheminée ; & quand même le mur seroit de niveau avec la cheminée , & un peu éloigné , il feroit à peu près un semblable effet , comme on le peut juger par la figure suivante , en laquelle A B marque la direction du vent , B C est le mur opposé à cette direction , D E sont deux tuyaux de cheminée à même hauteur que le mur. Le vent qui rencontre le mur est repoussé comme en F G , & n'entre point dans la cheminée D , au contraire il entraîne avec violence la fumée qui en sort : mais le vent supérieur A B qui conserve sa violence le

rencontrant en G , le fait aller en tourbillon , & luy donne le mouvement en rond G H E , & par consequent il se rabat dans la cheminée E , & empêche la fumée d'en sortir. Que si le vent stape obliquement la muraille qui est au devant des cheminées, la fumée montera assez librement , car la partie du vent A B se réfléchira par le côté , & ne s'élevera point ou fort peu ; & par consequent il ne fera point de tourbillon considerable qui rabatte les fumées.

La diversité des vents qui regnent en même temps en differens endroits , procede de plusieurs causes.

La premiere est , que les vents vont toujours par un grand cercle , d'où il est aisé

de juger , que si un même vent d'Oüest ou Sud-Oüest faisoit le tour de la terre , il paroîtroit fort different dans les lieux fort éloignez les uns des autres.

La seconde cause est , qu'un grand vent soufflant en un endroit entraine l'air qui est deçà & delà en le poussant un peu à côté , comme l'on voit que dans les rivières , lorsque le milieu va tres vite , il pousse des vagues un peu obliquement vers les rivages.

La troisiéme cause est , lorsque dans deux endroits de la terre éloignez l'un de l'autre d'environ 100 lieuës , il se fait une grande élévation de vapeurs & d'exhalaisons qui poussent l'air en circonference , soit en même temps , soit dans l'intervalle de quelques heures , il s'étend necessairement deux vents contraires de l'un de ces lieux vers l'autre , lesquels s'étant rencontrés refluent des directions opposées.

La quatriéme cause est la rencontre des hautes montagnes , qui font réfléchir les vents , & leur font suivre leurs directions. On en voit un exemple dans le lac de Genève qui s'étend entre deux rangs de hautes montagnes par l'espace de douze grandes lieuës depuis Genève jusques à Lauzane ; car il n'y regne presque jamais que deux vents qui se succedent l'un à l'autre , & vont selon la direction du lac ,

qui pourroient même aller l'un contre l'autre vers le milieu du lac , s'il faisoit un vent à Genève qui fût un peu oblique à la direction des montagnes , & un autre à Lauzane qui fût oblique en un autre sens , comme si E F, I H sont les vents , A B C D les montagnes , car E F se réfléchissant en F G , & en I H en H L , ces vents seroient contraires vers M N.

La même chose arrive au port d'Ambleuse proche de Calais , où l'*Oüest-Sud-Oüest* souffle environ les trois quarts de l'année , à cause que les côtes d'Angleterre & celles de France qui leur sont opposées en cet endroit ont cette direction , & à dix lieües de là il peut faire un vent de *Sud-Est* ou de *Nord*.

J'ay fait faire des observations près de la verrerie de Cherbourg , lesquelles m'ont fait connoître qu'il n'y regne que deux vents opposez qui se succedent alternati-

vement , ſçavoir le *NE* & *SO* , ce qui arrive par la même cauſe des directions de quelques montagnes.

Monsieur Varin qui a fait des obſervations en l'Isle de la Gorée proche le Capvert, m'a aſſuré que le vent de *Nord-Oueſt* y regne ſouvent au lieu des vents d'Orient ; ce qui procede de ce qu'il y a de hautes montagnes à une lieuë de diſtance de cette Isle du côté du *Nord-Oueſt*, qui refléchiffent vers elle, les vents Alizez, *Eſt* ou *SE*, y font ſentir un *Nord-Oueſt* lorsque ces mêmes vents Alizez ſe font ſentir en même temps à dix lieuës au-delà de cette Isle en pleine mer. J'ay encore appris par pluſieurs Relations, que quand des vaiſſeaux paſſent le long des côtes de Genes où il y a de tres-hautes montagnes, dont quelques-unes ont entre-elles de longues vallées, qui ont leur direction vers la mer, on ſent un vent conſiderable qui vient des terres vers les vaiſſeaux quand ils ſont vis-à-vis de quelque une de ces vallées.

J'ay connu encore de grandes diverſitez de vents en même temps par les obſervations faites à Varſovie en Pologne par M. Desnoyers, & à Abordon en Ecoſſe par M. Gregori, en les comparant à celles que je faiſois à Paris en même temps ; car ſouvent les vents y ſont differents de ceux de

Paris de la huitième partie de la Bouffole, comme si le vent est *SO* à Paris, il sera *Ouest* à Abordon. Les vents sont quelquesfois oposez à Paris & à Varsovie, le vent étant un jour *Sud-Ouest* à Paris, il étoit *Nord-Est* à Varsovie, ces Villes sont situées à peu près *O SO*, & *Est Nord-Est* à l'égard l'une de l'autre, d'où il s'en suit que ces vents s'étoient presque rencontrés directement en quelque endroit de l'Allemagne proche de la Pologne ou de la France. J'ay encore remarqué cette opposition de vent en un même endroit en faisant voyage par le moyen de beaucoup de neige qui étoit tombée la nuit; car on voyoit qu'elle avoit été poussée dans l'espace d'une lieüe par un *Sud-Est*, que dans la lieüe suivante il y avoit eu un calme, & que dans les trois ou quatre lieües suivantes, la neige avoit été poussée par un *Nord-Ouest*, ce que je connoissois aisément aux tiges & aux grosses branches des arbres qui n'avoient de la neige que du côté d'où le vent étoit venu.

J'ay remarqué encore un semblable effet par des observations faites en même temps à Paris, à Loches & au Mont de Marsan en Guyenne; car un *Sud-Sud-Ouest* ayant régné trois jours de suite en ces trois lieux qui sont dans la direction

à peu près de *SSO* au *Nord-Nord-Est*, il se fit un *Nord-Nord-Est* à Paris, le *SSO* regnant encore à Loches, & au Mont de Marsan : le lendemain le *Nord-Nord-Est* étoit à Loches & à Paris, & *SSO* au Mont de Marsan & enfin le troisième jour le *Nord-Nord-Est* souffloit en ces trois Villes : d'où je connus manifestement que les vents se repoussent quelquesfois les uns les autres, & que le plus fort emporte celui qui luy est opposé. Dans les mêmes observations correspondantes, j'ay remarqué qu'un vent d'*Oüest* violent ayant regné à Loches, il y faisoit en même temps à Paris un *Oüest-Sud-Oüest*, & un *Oüest-Nord-Est* au Mont de Marsan, ce qui se rapporte à la seconde cause de la diversité des vents.

J'ay reconnu souvent une grande diversité de vents en même temps dans un même lieu, lorsqu'il y avoit deux ou trois étages de nuées; ce qui se peut expliquer en supposant que les nuées élevées sont ordinairement poussées par les vents de Midy, & que les plus basses sont poussées par le Nord : car quand cela arrive en même temps, les nuées du premier & du deuxième étage doivent aller en un sens contraire, & cela n'empêche pas que des nuées beaucoup plus élevées ne puissent être poussées par un vent d'*Orient* qui regne

regne toujours quand il n'est point empêché par d'autres causes, ou par un vent d'Ouest produit par la troisième cause principale, ou par quelque autre cause particulière.

Pour bien remarquer cette diversité de mouvement des nuées, il faut regarder la pointe de quelque clocher, ou quelque autre objet fixe fort élevé, afin de pouvoir comparer les divers mouvemens des nuées supérieures & inférieures, car autrement on pourroit croire que deux nuées différemment éloignées de la terre, iroient selon des directions opposées, quoy qu'elles fussent portées du même côté, parce que les supérieures paroissent aller plus lentement que celles qui sont au dessous quoy - qu'elles aillent aussi vite, & cette apparence de retardement pourroit faire juger qu'elles iroient en un sens opposé. On peut supposer que le vent d'Orient n'est proprement qu'une apparence de vent, puisque le mouvement de l'air va du même côté que la surface de la terre.

Cette contrariété de vents en un même lieu dans différentes élévations de l'air, peut proceder de ce qu'un grand vent qui est porté le long d'une vallée, & qui par conséquent a peu de largeur & d'élévation, en peut rencontrer un autre qui occupe dans l'air un espace beaucoup

plus grand, & alors le vent inferieur peut forcer une partie de l'autre; ſçavoir celle qui eſt proche de la terre, luy laiſſant ſon cours libre dans le haut de l'air où ſont les nuées élevées: mais quand deux vents contraires ſont également forts & de même largeur & hauteur, ils s'arrêtent l'un l'autre & font un calme à l'endroit de leur rencontre, & y ayant amasſé beaucoup d'air ils le preſſent & le mettent en reſſort, d'où il arrive que cet air pour ſe mettre en liberté, reſſuë de part & d'autre, & fait deux autres vents contraires qui ont leur origine en cet endroit.

S'il fait un vent de *Sud* en hyver qui vienne de loin, il peut pouſſer des nuées fort élevées, parce que ſoufflant en ligne droite ſelon une tangente, il s'éloigne de la terre de plus en plus en s'avancant; & enfin ayant beaucoup condensé l'air ſupérieur, le reſſort de cet air peut faire un vent de *Nord* proche de la terre qui pouſſera de la pluye ou de la neige; ce que j'ay veu arriver pluſieurs fois. On pourra expliquer de même tous les vents qui regnent par toute la terre par ces différentes cauſes, tant generales que particulieres.

A l'égard des orages & des grandes tempêtes, il eſt difficile de les expliquer par des cauſes ordinaires. On remarque que

lorsqu'en été il fait des pluies épaisses & à grosses gouttes, elles sont toujours accompagnées d'un vent très-violent qui les précède de quelques secondes, & que sa violence cesse aussi-tôt que la nuée est passée. J'explique ces orages dont quelques-un sont capables de renverser des arbres & enlever les toits des maisons, en la manière suivante.

Lorsque deux vents assez larges inclinent l'un à l'autre de 15 ou de 16 degrez viennent de loin, & qu'ayant ramassé & poussé devant eux toutes les vapeurs qu'ils rencontrent, & en ayant formé chacun une nuée épaisse ils viennent à se rencontrer, ils condensent l'air dans le lieu de leur rencontre, & le mettent en un grand ressort, & selon les regles de la percussion ils le font aller plus vite d'un tiers à peu près que chacun d'eux; Supposant donc que ces vents aillent d'une vitesse à faire 24 pieds en une seconde qui est la vitesse ordinaire des vents incommodes & contre lesquels on a peine d'aller; le vent composé des deux ira avec une vitesse à faire 32 pieds en une seconde, & la nuée épaisse qu'ils poussent étant élevée d'une demy-lieuë ou d'un quart de lieuë, les gouttes de pluie qui s'y forment sont grosses d'environ trois lignes de diametre & acquierent leur vitesse complete à pou-

voir faire 32 pieds par seconde après 100 pieds de descente, comme il a été expliqué dans la fin du Traité de la percussion. Chaque goutte entraîne en tombant depuis la hauteur de la nuée deux ou trois fois autant d'air qu'elle est grosse, ce qui se prouve par l'expérience d'une petite balle de plomb qu'on laisse tomber dans un seau d'eau : car dès qu'elle a touché le fond il s'en élève deux ou trois bulles d'air aussi grosses qu'elle, lesquelles ne peuvent proceder que de l'air qui la suit jusques au fond l'eau. Or l'on sçait que dans beaucoup de lieux on se sert de certains soufflets pour faire fondre la mine de fer dans les fourneaux par la seule chute de l'eau, ce qui se fait ainsi. On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 50 pieds de hauteur & d'un pied de diamètre qui est soudé dans une mediocre cuve renversée, dont le bas est posé sur un terrein ; en sorte que pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures & l'air n'y peut plus passer ; on laisse au haut du tuyau une ouverture de trois ou quatre pouces de diamètre, dans laquelle on met un entonnoir, dont le goulet est de la même grosseur, & on y fait tomber de 15, 20, ou 30 pieds de hauteur l'eau de quelque fontaine, dont la largeur en tombant est à peu près égale à l'ouverture de

L'entonnoir, en sorte qu'il ne peut s'y amasser de l'eau que de 5 ou 6 pouces de hauteur; Cette eau tombant entraîne avec elle beaucoup d'air qui la suit jusques au dessous de l'entonnoir, & même jusques au fond de la cuve, lequel ne peut ressortir par l'entonnoir à cause de la pesanteur de l'eau qui continuë de tomber & de la vitesse de son mouvement; on met à côté de la cuve un tuyau qui va en étrecissant jusques auprès du trou du fond du fourneau où le charbon doit être soufflé, & l'air pressé & enfermé dans la cuve ne pouvant sortir par en haut à cause de la chute impetueuse de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ny par embas à cause de l'eau qui s'y amasse, & qui s'élève d'un pied ou de deux par dessus les fentes qui restent entre la terre du fond & les douves de la cuve, il est contraint de fortir avec une tres-grande force par le bout du canal, de maniere qu'il fait le même effet pour souffler le charbon, que les plus grands soufflets de cuir dont l'on se sert ailleurs. Il doit donc arriver que l'eau qui tombe de la nuée en grosses gouttes & en grande abondance, entraînant beaucoup d'air, comme il a été prouvé, cet air ne peut remonter quand il est proche de la terre, à cause des autres gouttes qui tombent avec impetuosité: il ne peut aussi s'étendre

vers le derriere de la nuée, parce qu'il est soutenu par le grand vent qui la chasse, ny même par les côtez ou fort peu, parce que le même vent presse la nuée par les deux côtez. Il reste donc que tout son effort se fasse vers le devant de la pluye, & que cet effort joint à celui du vent qui emporte la nuée soit environ deux fois plus vite que le vent qui la pousse, & que ce vent augmenté fasse plus de 60 pieds en une seconde, alors il peut renverser des arbres, comme on le prouvera ensuite. Il ne peut precéder la pluye que d'environ trois ou quatre cens pas pour l'ordinaire, par la raison qui a été dite, qu'un espace d'air de telle vitesse qu'il soit poussé, ne peut continuer son mouvement bien loin en ligne droite si la cause de l'impulsion cesse. Je me suis confirmé dans cette hypothese en voyant d'une lieuë de distance une nuée épaisse d'où il tomboit de la pluye: car du côté d'où venoit le vent les gouttes tomboient presque toutes droites: mais dans le milieu & jusques aux premieres gouttes, elles faisoient un angle de plus de 45 degrez, comme en la Figure suivante, à laquelle A B est la nuée, B D le côté d'où vient le vent, & G H les gouttes les plus avancées.

La même chose doit arriver par la gresse, & même si elle étoit fort épaisse, & les grains fort gros, ils entraineroient d'avantage l'air du haut en bas, & feroient une tempête encore plus impetueuse, dont la vitesse pourroit être de 75 pieds par seconde. Les grands vents qui se font sans pluie peuvent proceder de la combinaison de trois ou quatre causes, & ils viennent ordinairement du *Sud-sud-ouest* : il peut donc arriver qu'en même temps, il s'éleve une tres-grande quantité de vapeurs & d'exhalaisons dans l'Afrique, qu'il y fasse tres-chaud trois ou quatre jours de suite, que les terres Septentrionales se refroidissent, & que la Lune descendant vers son perigée de son plus haut apogée, se fasse un reflux de l'air qui a été porté par un *Nord-est* : ces quatre causes ensem-

ble feront un vent assez impetueux qui regnera successivement depuis l'Afrique jusqu'en Angleterre.

J'observay un jour une grande tempête à Paris venant du *Sud*, & j'aypris ensuite par des relations assurées, que deux ou trois jours auparavant il s'étoit fait un furieux orage vers les côtes d'Alger. Cette Ville est à peu près dans le même Meridien que Paris, si ce vent faisoit 30 pieds par seconde, il pouvoit arriver en deux jours d'Alger à Paris. Pour exprimer les houragans qu'on sent presque tous les ans dans quelques-unes des Isles Antilles, il faut avoir recours à quelques autres causes. 1^o Parce que ces tempêtes sont beaucoup plus violentes, & font plus de 100 pieds en une seconde; 2^o Qu'elles ne durent que sept ou huit heures; 3^o Qu'elles ne se font gueres souvent ailleurs, que dans quelques-unes de ces Isles; 4^o Qu'elles commencent ordinairement par un *Nord-ouest* qui se change successivement en d'autres vents, sçavoir l'*Ouest*, le *Sud-ouest*, le *Sud*, le *Sud-est*, le *Nord-est* & le *Nord*; 5^o Qu'on trouve dans les mers voisines de ces Isles quantité de poissons morts, & qu'on y sent des tremblemens de terre; de toutes lesquelles circonstances on peut conjecturer que de la terre qui est au fond de ces mers, il se fait des éruptions d'exhalaisons.

laisons salpetreuses & sulphurées en plusieurs endroits successivement qui ne peuvent être remarquées, parce que les vaisseaux qui se trouveroient en ces endroits seroient submergez; & il peut arriver que les premières éruptions s'étant faites du côté des terres du continent de l'Amerique, le vent qu'elles excitent du *Nord-ouest* peut se réfléchir contre les côtes de la Cayenne & celles qui en sont voisines, & s'y faisant en même temps de nouvelles éruptions, les premières ayant cessé, le vent doit augmenter & venir du côté de l'*Ouest*, comme l'assurent ceux qui en ont senti les effets; & ces éruptions de feux & d'exhalaisons salpetreuses & sulphurées, doivent faire mourir quantité de poissons aux endroits où elles s'élèvent; ceux qui auront vu plusieurs de ces ouragans, & qui en auront remarqué beaucoup d'autres circonstances, pourront les expliquer avec plus de certitude.

SECONDE PARTIE.

DE L'EQUILIBRE DES CORPS FLUIDES.

PREMIER DISCOURS.

DE L'EQUILIBRE DES CORPS *Fluides par la pesanteur.*

Pour bien expliquer l'équilibre des Corps fluides entre-eux ou avec les autres Corps, on peut se servir des Regles suivantes.

I. REGLE.

UN Corps ne résiste à être élevé de bas en haut, que selon qu'on l'éloigne du centre de la terre, & on peut mouvoir un corps très-pesant avec une très-petite force, si on ne luy fait point changer de distance à l'égard de ce même centre.

L'expérience s'en fait en cette sorte. Ayez un grand baquet plein d'eau dans un lieu fermé où il ne fasse point de vent;

Faites nager sur la surface de l'eau, le vaisseau G grand & pesant, & y attachez un tres-petit fil de soye HI, & le tirez en

forte qu'il ne se rompe pas, c'est - à - dire avec tres-peu de force; le vaisseau G suivra le filet, & quoyqu'il se fasse de petites vagues dans l'eau du baquet, & qu'il faille un peu de force pour la diviser, cela n'empêchera pas que le vaisseau n'aille assez vite quand il sera proche du point D, si on accelere peu à peu son mouvement; il est vray que si on vouloit donner d'abord une vitesse considerable au vaisseau G; on romproit le filet, & même une corde assez forte, presque de même que si elle étoit attachée à un corps inébranlable, parce qu'un corps fort pesant ne peut recevoir un grand mouvement tout à coup, que par une tres-grande force.

On confirmera encore cette verité, si on suspend un tres-grand poids à une longue corde en un lieu ouvert; car le moindre vent luy donnera du mouvement, quoy qu'il ne puisse se mouvoir sans s'éloigner un peu plus du centre de la terre que

quand il est en repos; delà on voit la raison pourquoy il est facile de soutenir une boule comme D tres-pesante sur un plan fort incliné, comme A B, car étant traînée ou poussée depuis A jusques à B, elle

ne s'éleve à l'égard du centre de la terre, que de la ligne B C qu'on suppose perpendiculaire à la ligne horizontale A C, au lieu que si on l'avoit élevée perpendiculairement en même temps jusques à une hauteur égale à A B, elle auroit agy par toute sa pesanteur, & il auroit fallu une force beaucoup plus grande pour l'élever.

II. R E G L E.

SI deux Corps sans ressort de même matière se choquant horizontalement & directement ont leurs quantitez de mouvement égales; c'est-à-dire si leurs vitesses sont reciproques à leurs grosseurs, au moment du choc ils feront équilibre, (on suppose que les corps d'une même matière ont leurs poids proportionnez aux quantitez de leurs matières) suivant cet-

Regle, si un poids de deux livres allant avec une vitesse de quatre degrez en rencontre directement & horizontalement un autre de quatre livres qui ait deux degrez de vitesse, ils s'arrêteront l'un l'autre, & feront équilibre : mais si le premier de deux livres va six fois plus vite qu'un autre de dix livres il l'emportera ; car le produit de 2 par 6 qui est douze, est plus grand que le produit de 10 par l'unité ; On suppose que ces poids s'attachent ensemble en se rencontrant. De-là on prouve facilement le principe de mécanique, qui a été mal prouvé par Archimede, par Galilée, & par plusieurs Auteurs ; sçavoir que lorsqu'en une balance les poids sont reciproques à leurs distances du centre de la balance, ils font

équilibre ; car soit la balance BAC, A le centre du mouvement, AC quadruple de AB ; le poids B quadruple du poids C ; je dis que l'un des poids n'emportera pas l'autre ; car que le poids B s'il est possible emporte l'autre ; or il ne peut se mouvoir avec quelque vitesse que ce soit par l'arc BD en descendant, qu'il ne fasse aller le poids C 4 fois plus vite par l'arc CE, puis

que le demy diametre A C est quadruple du demy diametre A B, & alors les quantitez de mouvement de ces deux corps seroient égales, & une quantité de mouvement en auroit forcé une qui luy seroit égale, ce qui est impossible, puisqu'elles doivent faire équilibre par cette seconde regle. Par la même raison le poids C ne pourra descendre; mais si on l'éloigne un peu plus du point A, il descendra, car alors il pourra donner à l'autre poids, une moindre quantité de mouvement que celle qu'il prendra, & par consequent il le forcera, & c'est une chose assez étrange que le poids B étant de trente livres & le bras A B d'un pied, on ne pourra soutenir ce poids en mettant la main dessous, & qu'on soutiendra facilement le poids d'une livre à 31 pieds du point A, si le poids B est ôté, car il n'aura que le poids d'une livre quand même on le mettroit à 100 pieds de distance du point A : & cependant si l'on met en même temps le petit poids à 31 pieds de distance du point A, & le gros à un pied, le petit emportera le grand, ce qui ne peut arriver que parce qu'il est disposé à donner en descendant une moindre quantité de mouvement au poids B que celle qu'il prend, & qu'ils agissent tous deux de toute la force de leurs poids par la premiere regle, parce qu'ils

ont une même direction vers le centre de la terre.

III. REGLE.

L Orsque deux poids n'ont pas la même direction vers le centre de la terre, & qu'ils sont disposez en sorte que l'un ne puisse se mouvoir, qu'il ne fasse mouvoir l'autre aussi vite, il ne faut pas estimer la force de chacun par sa simple quantité de mouvement, mais par une quantité de mouvement respective qui se trouve en multipliant chaque poids par sa vitesse à l'égard de son approche ou de son recul du centre de la terre.

EXPLICATION.

A est un poids suspendu à la poulie B par E B A, qui soutient aussi la boule C D par le moyen de deux cordelettes attachées à l'Effieu de la boule, & au point E de la corde A B E. H G est une

G iij

ligne Horizontale , HF est perpendiculaire : EB est parallele au plan incliné GF représenté par la ligne GF . Il est manifeste que la boule est disposée à aller aussi vite que le poids A , soit que le poids A descende ou que la boule en descendant le fasse monter , mais lorsqu'elle aura parcouru l'espace FG en descendant obliquement , elle ne se fera approchée du centre de la terre que de la distance FH ; on considere tous les points de la ligne HG de deux ou trois pieds de longueur, comme si ils étoient également distans du centre de la terre à cause que la difference en est insensible. Afin donc de sçavoir les forces de ces poids ou leurs quantitez respectives de mouvement , il faut multiplier le poids de la boule CD par la longueur FH & celui de la boule A par une longueur égale à FG , puisque cette derniere boule fait autant de chemin en montant ou en descendant que la boule CD , & qu'elle va directement vers le centre de la terre ; Or si FG est triple de FH , & que le poids de CD soit triple du poids A ; on verra qu'il se fera équilibre , entre des poids , ce qui procede des causes expliquées dans les deux premieres Regles , que si l'on ajoute quelque petit poids ou au poids , A , ou au poids B , il descendra & fera monter l'autre faisant abstraction du frottement de la poulie & de

Pessieu. On expliquera de même les équilibres qui doivent arriver quand le plan $F G$, sera plus ou moins incliné en y appliquant les mêmes regles, lesquelles on pourra appeller principes d'expérience ou loix de la nature.

Que si les poids comme A & B en la figure suivante sont sur des plans différemment inclinez comme $C D$, $C F$; $D F$ étant supposée horizontale & $C G$ perpendiculaire à $D F$, il faudra pour faire l'Équilibre que le poids B soit au poids A

comme la ligne $C F$ à la ligne $C D$, & on le prouvera par les mêmes regles; car si $F H$ est prise égale à $C D$ & qu'on tire $H I$ parallèle à $C G$, il est manifeste que pendant que le poids B iroit de F en H , le poids A iroit de C en D , donc $C G$ seroit la mesure de la vitesse du poids A à l'égard du centre de la terre, & $H I$ celle du poids B allant de F en H en même temps; mais comme $F C$ à $F H$, ainsi $C G$ à $H I$, & par la troisième règle le poids B doit

être au poids A, comme CG à HI, c'est-à-dire comme FC à CD pour faire l'équilibre. Et par conséquent ces poids ainsi disposez s'arrêteront l'un l'autre.

La même chose arrivera à des poids attachez aux extremittez des rayons d'une rouë, c'est-à-dire qu'afin que le poids A situé à l'extremité du rayon KA fasse équilibre avec le poids B, la ligne AK étant horizontale & la ligne BK élevée de soixante degrez sur AKF : Il faut que le poids B soit double du poids A ; car la ligne BF étant tirée perpendiculaire au rayon KB jusques à ce qu'elle rencontre la ligne AK GF, le plan BF sera élevé de 30 degrez,

& la perpendiculaire BG ne sera plus que

la moitié de BF , donc le mouvement du poids B vers F se faisant au commencement selon la tangente $B'F'$, ne s'avancera vers le centre de la terre que de l'espace $B'G'$, moitié de BF , au lieu que le poids A aura sa direction selon la tangente MAH , perpendiculaire à AKF laquelle s'éloigne directement de ce centre, & par conséquent il sera disposé à aller deux fois plus vite à l'égard de ce même centre que le poids B : mais comme FB , à $B'G'$, ainsi le rayon KB ou AK , à KG ; donc le poids B fera le même effet à l'égard du poids A , que s'il étoit en G , c'est-à-dire que si AK est la mesure de la vitesse du poids A , KG fera la mesure de la vitesse du poids B , mais AK est double de KG , comme FB est de $B'G'$; donc le poids A sera reciproquement au poids B comme KG , à KA & par la 2 & 3 Règle, ces poids ainsi disposés feront équilibre, & l'un ne forcera pas l'autre.

La même chose arrivera à des puissances, qui étant attachées aux extremités des rayons égaux d'une rouë tireront obliquement ou directement: car soit au point L dans la ligne $B'G'$ continuée directement en L une puissance tirant par la corde LB attachée en B selon la direction BL , & une autre puissance en M , tirant selon la tangente AM par la corde AM attachée

84 *Du Mouvement des Eaux.*

au point A. Si ces puissances sont égales, elles ne feront point équilibre : mais la puissance en M forcera l'autre, & pour faire équilibre, il faudra que la puissance en L soit à la puissance en M comme la ligne A K à la ligne K G, ce qui procède de ce que la puissance en L ne fait point venir à soy directement le point B : mais il va selon la tangente B F au commencement du mouvement, & qu'en même temps la puissance en M va directement selon la tangente H A M. Or si l'on suppose B N indéfiniment petite dans la tangente B F & que N Q soit perpendiculaire à B L, il est évident que le point B étant en N, le point L sera venu en P, si N P est parallèle & égale à B L; & L R & Q N étant parallèles à A F, R P sera égale à B Q, & L P à B N; Or la puissance attachée au point M se fera avancée selon la direction d'effort A M d'une ligne égale à B N ou L P, & la puissance en L ne se fera avancée en même temps selon sa direction d'effort B L ou N P, que de la ligne R P qui n'est que la moitié de B N ou L P, comme B G n'est que la moitié de B F; Donc il faudra pour faire équilibre entre les deux puissances que celle qui est au point L soit double de celle qui est au point A, celle-cy tirant selon la tangente H A M, & l'autre selon la direction B E.

qui fait un angle de 30 degrez avec le rayon K B, de même qu'il faut que le poids B soit double du poids en A, afin qu'ils fassent équilibre.

De ces trois principes d'experience on tire une Regle generale pour toutes les forces mouvantes. Cette Regle ou principe universel est telle.

PRINCIPE UNIVERSEL DE LA *Mechanique.*

Lorsque deux poids ou deux autres puissances sont disposées en sorte que l'une ne puisse se mouvoir qu'elle ne fasse mouvoir l'autre, si l'espace que doit parcourir un des poids selon sa direction propre & naturelle est à l'espace que doit parcourir l'autre en même temps selon sa direction propre & naturelle, reciproquement comme ce dernier poids est au premier; il se fera équilibre entre les deux poids; mais si l'un des poids est en plus grande raison à l'autre il le forcera.

On peut prouver par ce principe un effet surprennant qu'on ne peut pas prouver facilement par d'autres hypotheses; sçavoir que s'il y a plusieurs bras égaux attachez à un même essieu A comme A B, A C, & qu'on mette un poids E sur le bras A B & un autre *b* sur le bras A C au point F, en

forte que les distances AE , AF soient égales, le poids en F étant rond & non attaché au point F , de maniere qu'il puisse rouler de F en C , mais qu'il en soit empêché par une glace de verre GC *g* trespassée située perpendiculairement; alors pour faire l'équilibre il faudra que le poids E soit beaucoup plus grand que le poids b , sçavoir en la raison de AE à AH , si HF est une ligne perpendiculaire à $BAGK$, ce qui est le contraire de ce qui arrive quand le poids F est attaché au plan incliné $AF C$, car il faut alors pour l'équilibre que le poids F soit plus grand que le poids E en la même raison de EA à AH , comme il a été expliqué dans la Figure précédente.

Pour prouver ce paradoxe soit tiré la ligne fb horizontale passant par le cen-

tre de la boule b , il est évident que le point e est plus haut que le point d'appuy F , & que be est un peu plus grande que le demy-diamètre bf ; mais pour faire cette démonstration, on suppose le triangle Fbd indéfiniment petit & le point F joint au point e , & que la perpendiculaire Fb passe par ce point : Or la boule b en descendant fera tourner en ro d le point C par l'arc Cd ; & si $d g$ est égale au diamètre de la boule, le même bras sera en la situation $A b d$ lorsque le diamètre de cette boule sera arrivé en $d g$, & le point d'appuy F aura décrit l'arc Fb en même temps que le centre de la boule sera descendu par un espace égal à ed ; mais si à cause de la petitesse de l'arc on prend l'arc Fb pour sa tangente, on aura le triangle Fbd semblable au triangle AHF , & dF sera à Fb comme FA ou EA à AH ; & parce que le poids E ne s'élève qu'à proportion de la ligne Fb , l'espace passé par la boule en descendant directement depuis le point F jusques à d sera à l'espace passé en même temps par le poids E en remontant directement, comme AE à AH ; donc le poids E pour faire l'équilibre doit être au poids b comme EA à AH par le principe universel; & parce que la boule tombe encore d'un peu plus haut que le point F , sçavoir du

point *e*, il s'ensuit que les poids étant selon cette raison le poids *b* descendra, & fera élever le poids *E*, ce que j'ay trouvé conforme à l'expérience: car ayant disposé le bras *AC* en sorte qu'il faisoit un angle de 60 degrez avec le bras horizontal *AHK*, j'observay que le poids *b* étant double du poids *E* il faisoit équilibre avec luy quand je l'avois arrêté pour l'empêcher de rouler, mais l'ayant laissé libre après avoir mis une glace de miroir représentée par *CG* pour l'empêcher de rouler à côté, il fallut mettre le poids double en *E* & le simple en *b* pour faire l'équilibre, & même ajouter un petit poids en *E*. On prouvera par les mêmes raisons que si l'angle *KAC* étoit de 45 degrez, il faudroit pour faire l'équilibre que le poids *E* fût le plus grand en la raison de la diagonale d'un quarré à son côté. On ne considère point icy que le centre de la boule *F* est un peu à côté du point d'appuy.

Ces choses étant supposées, on peut expliquer assez bien les équilibres des corps fluides.

Le plus léger, c'est-à-dire le moins pesant des corps fluides est la flamme, mais parce qu'elle s'élève dans l'air, & qu'elle ne se tient pas étendue sur quelques autres corps, elle ne peut faire d'équilibre par
son

son poids , mais seulement par son choq & par son ressort.

L'air qui s'étend au dessus de la terre & de l'eau peut faire équilibre par son poids , par son choq & par son ressort avec les autres corps fluides plus grossiers , & même avec les corps fermes & durs. On prouve la pesanteur de l'air par les effets du Barometre , c'est un tuyau étroit de verre de deux pieds & demy ou de 3 pieds de longueur scellé hermetiquement par un bout, on l'emplit de Mercure sans y laisser aucun air; & l'on ferme l'autre bout avec le doigt, & après avoir tourné en haut le bout scellé, on trempe le doigt dans d'autre Mercure mis dans un vaisseau, on ôte le doigt qui soutenoit le Mercure du tuyau, & alors il en tombe une partie dans le vaisseau, & après quelques balancemens il s'arrête enfin dans le tuyau à la hauteur de 27 ou 28 pouces; car selon les changemens des vents & de l'air, il monte quelquesfois à 28 pouces & demy & d'autres fois seulement à 26 & demy, & ordinairement il s'arrête à Paris à 27 pouces & demy environ.

Or cette élévation de Mercure ne peut être bien expliquée, qu'en supposant que la colonne d'air de même largeur que le diametre interieur du tuyau pèse autant que les 27 ou 28 pouces de Mercure éle-

vez dans le tuyau, en prenant cette colonne depuis la surface du Mercure qui est dans le vaisseau jusques à l'extrémité de la plus haute region de l'air; Car si l'on porte le Barometre au haut d'une montagne ou d'une tour fort élevée, on voit diminuer peu à peu la hauteur du Mercure, & se reduire à 24. ou 25. pouces, comme étant alors chargé d'une moindre quantité d'air; & si l'on descend dans des caves ou dans des mines fort profondes, il se hausse peu à peu à mesure qu'on descend comme étant successivement chargé d'une plus grande quantité d'air.

On peut encore connoître le poids de l'air & l'équilibre qu'il fait avec l'eau par les mêmes Règles en supposant qu'un pouce de Mercure pese autant à peu près que 13. pouces d'eau, comme j'ay l'ay connu par des experiences que j'en ay faites: car 28. pouces de Mercure peseront autant à peu près que 383. pouces d'eau, qui font un peu moins que 32. pieds; d'où il s'ensuit que lorsque le poids de l'air fera monter le Mercure à 28. pouces quelques lignes, il fera monter l'eau dans un tuyau de 35. ou 40. pieds jusques à 32. pieds, & que lorsqu'il ne s'élève qu'à 27. pouces $\frac{1}{2}$; l'eau ne doit s'élever qu'à 31. pieds à peu près, ce qui s'est trouvé assez conforme à quelques

experiences que j'en ay faites à l'Observatoire en la maniere suivante; je fis faire à Monsieur Hubin Emailleur un tuyau de verre de 40 pieds de hauteur qu'il ajusta dans du bois creusé afin qu'il ne se rompît pas en le maniant, il étoit de 5 ou 6 pieces qu'il souda dans la grande Sale de l'Observatoire, & on éleva l'un des bouts jusques au haut de la plate-forme par l'ouverture qui y'est, qui répond perpendiculairement au noyau creux du degré de la cave; on le descendit ensuite peu à peu jusques dans ce noyau & on l'arrêta en le liant en plusieurs endroits à la rempe de fer, ensuite ayant été rempli d'eau après avoir fermé le bout d'embas, on appliqua au haut un bouchon de verre qui fermoit exactement le tuyau & on y mit encore une vessie pour le mieux sceller; on emplit aussi d'eau un petit vaisseau qui étoit au dessous de l'autre bout jusques à ce qu'il trempât dans l'eau, & après qu'il fut débouché, l'eau tombant descendit jusques à 12 pieds environ; mais il en sortit tant de bulles d'air qu'on ne put remarquer où elle étoit remontée, enfin elle demeura à la hauteur de 29 pieds à cause du ressort de l'air des bulles qui étoient sorties de l'eau & montées au haut du tuyau. Deux jours après on y remit de l'eau qui avoit été bouillie un peu auparavant pour

en faire sortir la matiere aërienne; on fit l'experience de même, & l'eau après quelques balancemens s'arrêta à 29 pieds 4 pouces environ, on la vit monter peu à peu plus haut & s'arrêter à 30 pieds 2 pouces, sans que les autres barometres eussent changé. J'en attribuai la cause à ce que l'eau qu'on y avoit remise étoit mêlée d'un peu de bouë, & par consequent pesoit plus que l'eau nette; mais cette bouë descendit en peu de temps au fond du petit vaisseau, & par ce moyen l'eau devenant peu à peu plus legere elle montoit peu à peu plus haut. Deux jours après j'observay que les barometres communs étant à 27 pouces 9 lignes, l'eau de ce grand tuyau étoit montée à 30 pieds 8 pouces, elle seroit montée un peu plus haut, s'il ne s'y fût pas élevé quelques bulles d'air qui la firent baisser: le Barometre commun étant à 28 pouces, elle monta encore plus haut, & descendit ensuite quand le Barometre commun revint au dessous de 28 pouces, d'où je connus que les Barometres d'eau ont des changemens proportionnez à ceux de Mercure & qu'on peut prendre 32 pieds d'eau pour la plus grande hauteur à peu près de ces Barometres, lorsque l'eau dont ils son remplis est de celles qui sont les moins pesantes & que la matiere aërienne en est sortie.

Pour la facilité du calcul on suppose icy que le poids de l'atmosphère fait précisément équilibre avec 32 pieds d'eau douce, & que le Mercure pèse 14 fois davantage précisément.

On prouve encore le poids de l'air par une expérience assez curieuse : On prend une bouteille de verre A B à laquelle on fait une ouverture de deux ou 3 lignes comme en C ; on met dans le col G un tuyau de verre D E d'environ deux lignes de diamètre & on l'y soude avec un mélange de cire & de terebentine ou avec de la poix,

en sorte que l'air ne puisse passer entre-deux ; ensuite on remplit la bouteille d'eau par l'ouverture C en la couchant & même le tuyau E D en tenant fermé le bout D, & lors qu'on pose la bouteille en sa situation perpendiculaire, l'eau qui est dans le tuyau descend jusques en E, & il en sort autant par l'ouverture

C, si l'extrémité E du tuyau est à la même

94 *Du Mouvement des Eaux.*

hauteur que le milieu de l'ouverture C ; que si le tuyau s'étend au dessous de l'ouverture comme jusques en I l'eau cessera de couler , le tuyau étant vuide jusques à E , & la bouteille demeurera pleine d'eau jusques à la soudure vers G ; que si le bout du tuyau est un peu plus haut que le dessus de l'ouverture C comme en L , & qu'il ait deux ou trois lignes de largeur , alors on verra sortir de l'air par ce bout ouvert & remonter au haut de la bouteille & l'eau sortir en même temps par l'ouverture C jusques à ce qu'il n'y en ait plus au dessus du point C , ces effets s'expliquent en la maniere suivante.

Le poids de l'air extérieur fait effort vers l'ouverture C , pour repousser l'eau qui fait effort par son poids pour sortir , & l'air qui est au dessus du tuyau E D fait aussi un effort & agit par son poids sur l'eau qui y est contenuë ; & se joignant au poids de cette eau , il doit forcer le poids de l'air qui agit

vers C, ce qui fait que l'eau du tuyau descend jusques en E, & alors l'air fait effort d'un côté en E, & de l'autre en C & soutiennent conjointement l'eau de la bouteille depuis E & C jusques à A. H., & elle la soutiendrait quand même la hauteur CH seroit de trente pieds le bout du tuyau étant au dessous du bas de l'ouverture C; mais lorsque le tuyau ne descend que jusques en L, alors l'eau depuis L jusques en E jointe au poids de l'air qui pèse sur L, force l'air en C & l'eau coule par C pendant que l'air descend de D en L & entre goutte à goutte dans l'eau par le bout ouvert L, & s'élève au dessus de la surface de l'eau qui est au dessous du col de la bouteille; si l'on panche la bouteille en sorte que le point L & le milieu de l'ouverture C soient en une même ligne horizontale, on verra la moitié d'une goutte d'air qui passera au dessous du point L, mais qui ne se separera pas du reste, si l'on ne rehausse un peu le bout L.

Lorsqu'on a laissé entrer de l'air dans la bouteille en sorte que la surface de l'eau soit en NO & qu'on chauffe cet air avec la main pour le faire dilater, on fait sortir quelques gouttes d'eau par C quoy que le bout du tuyau soit au dessous de cette ouverture, & l'eau descendra com-

me jusques en *pq*, mais si on laisse refroidir cet air, on verra pendant quelques temps entrer des gouttes d'air par *C* à cause que l'air qui étoit descendu jusques en *PQ* se remet dans sa premiere étendue depuis *NO* jusques à *AH*, & n'y ayant point d'eau pour remplir l'espace *NO PQ*, il faut que l'air y vienne du dehors par l'ouverture *C*.

L'eau n'a point de ressort sensible, & elle ne fait équilibre avec les autres matieres, que par son seul poids ou par son choq, le premier équilibre qu'on y peut remarquer à l'égard de l'air, est qu'étant reduite à de tres-petites gouttes, elle devient plus legere que l'air, & s'elevé en vapeur, comme il a été dit cy-devant. On ne peut dire quelle petitesse doit avoir une petite parcelle d'eau pour faire équilibre avec l'air proche de la terre, parce que celles qui sont un peu plus legeres que cet air ou un peu plus pesantes sont invisibles separément. On peu encore difficilement trouver la cause de ce qu'elles s'élèvent, car ce n'est pas le mélange de l'air puisqu'elles peseroient encore plus que l'air pur; ce n'est pas la chaleur, parce qu'on voit des eaux tres-froides jeter des vapeurs. On pourroit penser qu'il y a de tres-petits pores dans l'air, où il n'y a aucune matiere pesante, dans lesquels les tres-petites parcelles d'eau se peuvent insinuer & y monter, & celles

celles qui sont un peu plus grosses n'y pourroient passer. Ces petites parcelles sont enfin équilibre avec l'air, à une distance d'une lieüe ou de deux de la terre, & elles y demeurent long-temps suspenduës jusqu'à ce que plusieurs s'étant jointes ensemble, deviennent plus pesantes; & si l'air devenoit tres rarefié elles pourroient tomber.

On en voit l'expérience dans les machines pneumatiques; car lorsqu'on a pompé une partie de l'air, on voit troubler le recipient par la chute des vapeurs qui ne pouvant plus être soutenuës dans l'air, à cause de la trop grande rarefaction, tombent en petites gouttelettes sur le verre qui les environne. Dans les endroits où il se fait de grandes chutes d'eau, on y voit s'élever perpétuellement des vapeurs qui ne sont autre chose que les parcelles de l'eau brisées par le chocq; & quand une bouteille de savon vient à se rompre, une partie de l'eau dont elle est composée, tombe, & le reste qui se réduit en des gouttelettes trop petites, s'élève comme des vapeurs.

I. R E G L E.

Pour l'équilibre de l'eau par son poids.

L'Eau étant dans un vaisseau ou dans plusieurs qui se communiquent, a tou-

jours ses parties supérieures en même niveau; c'est-à-dire, en égale distance du centre de la terre.

E X P L I C A T I O N.

Soit le tuyau recourbé A B C d'égale gros-

seur, dans lequel on verse de l'eau par le bout A, elle montera aussi haut dans l'autre branche du tuyau; c'est à-dire que si D E est une ligne horizontale, & que l'eau dans la branche A G, monte jusques en D, elle sera dans l'autre jusques en E, quand on aura cessé de verser, & que l'eau demeurera en repos.

Car premierement si les branches sont d'égale largeur & également inclinées à l'horizon, tout étant égal de part & d'autre, l'eau ne pourra pas demeurer dans les hauteurs inégales A & F, parce que le poids de l'eau A G sera plus grand que celui de l'eau H F; & par conséquent, en descendant il pourra prendre une plus grande quantité de mouvement qu'il n'en donnera à l'autre en montant, puisque leurs vitesses seront

égales & leurs directions semblables. Donc par le principe universel, l'eau ne pourra s'arrêter si elle n'est à une même hauteur dans ces deux branches. Que si l'on ferme avec le doigt le bout C avant que de verser de l'eau par le bout A, & qu'on emplisse d'eau la branche A G jusques à A, l'autre demeurera vuide, & il n'y montera point d'eau ou tres-peu à cause de l'air qui l'occupe, si la branche A G n'est que de deux ou trois pieds de hauteur ; alors si on leve le doigt l'eau de la branche A G descendra, & une partie passera dans l'autre branche, & s'élèvera comme jusques en E pendant que de l'autre part elle descendra comme jusqu'en N & derechef elle montera comme jusqu'en D : & descendra jusques en M ; & enfin après plusieurs balancemens elle s'arrêtera de part & d'autre à une même hauteur comme I F.

Lorsqu'en cette experience l'eau commence à descendre de la branche A pour passer dans l'autre, elle accelere son mouvement, jusques à ce qu'elle soit en égale hauteur dans les deux branches, comme en I & F où doit être l'équilibre, & diminuë ensuite de vitesse peu à peu, jusques à ce qu'elle soit aux points N & E ; elle redescendra de même en accelerant depuis la hauteur E jusqu'à ce qu'elle ait passé le même niveau I F, & diminuëra son mouve-

ment jusqu'à ce que l'une des hauteurs soit en D, & l'autre en M; & ces balancemens continuëront jusqu'à ce que l'eau soit arrêtée en I & F, de la même manière que le plomb d'une pendule accelere son mouvement jusques au point de repos, qu'il le diminuë en remontant, & qu'il s'arrête enfin après plusieurs balancemens.

La même chose arrivera dans un vaisseau **A B C D**, où il y aura de l'eau jusqu'en **E F**; car si l'on y verse de l'eau vers **F**, en sorte qu'elle s'élève com-

me jusques en **G**, elle ne demeurera point en cet état, lors qu'on cessera de verser de l'eau nouvelle : car le poids de l'eau **G K H C**, étant plus grand que celui de l'eau

KILH, **LH** & **HC** étant supposées égales, il forcera cette dernière par les mêmes raisons, & fera élever l'eau vers **IK**, & en même temps la surface supérieure **GK** étant en pente, l'eau coulera de **G** vers **I**; & par les mêmes raisons l'eau **EBLI** s'élèvera aussi : & enfin après plusieurs mouvemens la surface supérieure de l'eau se mettra de niveau. De là on pourra expliquer ce qui

arrive dans une eau dormante LM, lorsqu'on y jette une pierre comme en N, car la pierre faisant élever autour de soy l'eau en une vague circulaire, dont O & P représentent l'élevation, elle ne pourra demeurer en cette position ; mais la partie O coulera vers L, & en coulant elle poussera &

élevera l'eau voisine R, qui poussera & élevera la suivante, de manière qu'il semblera que la même eau élevée en O, s'avance jusques en L.

La même chose arrivera à la partie élevée P, & par ce moyen il se fera une vague circulaire qui s'éloignera du point N en s'élargissant toujours jusques aux rivages L & M, s'ils ne sont pas trop éloignés ; & en s'y réfléchissant, il se fera une vague circulaire nouvelle, qui s'avancera de part & d'autre vers N, & s'agrandira toujours en circonference en diminuant de hauteur, jusques à ce que toute l'eau supérieure se soit mise de niveau.

Soient maintenant les deux branches inégales en largeur comme en la figure ABCD, l'eau se mettra encore à même hauteur, comme E F dans les deux branches, & l'eau E B ne forcera point l'eau C F ; car soit la

baze B G qu'on suppose quarrée, seize fois plus grande que la baze C, & s'il est possible, que l'eau descende de E jusqu'en I, & qu'elle monte de l'autre part jusqu'en D, celle qui sera descenduë de E en I, sera égale à celle qui est en F D, & les deux petits cylindres F D, E I, auront leurs hauteurs reciproques à

leurs bazes : Donc comme 16 a 1, ainsi la hauteur F D a E I : Or le cylindre E B étant 16 fois plus grand que le cylindre C F, il pesera 16 fois davantage : mais l'espace passé en même temps par le petit cylindre, sera aussi 16 fois plus grand que l'espace passé par le grand cylindre, & leurs directions sont les mêmes étant perpendiculaires : donc leurs vitesses auroient été reciproques à leurs poids, & ils auroient eu

une égale quantité de mouvement, ce qui est impossible ; car par le principe universel ces cylindres d'eau doivent faire équilibre, & l'un ne peut pas faire mouvoir l'autre, puisqu'ils sont disposez à prendre une égale quantité de mouvement selon la même direction.

Que si l'on verse de l'eau dans ce tuyau étroit jusques en D, elle ne pourra s'y arrêter que lorsque l'autre branche sera pleine jusques à A : car soit la hauteur FD d'un pouce & sa baze un pouce, & FC 10 pouces, donc toute l'eau CD sera d'onze pouces cubes, & l'eau BE 160 pouces cubes. Si donc toute l'eau CD descend d'un pouce, l'eau E B montera de $\frac{1}{16}$ de pouce, sçavoir de la hauteur EL, & l'espace EL sera à la mesure de la vitesse de l'eau BE, comme DF est celle de l'eau CD : Or 160 multipliez par $\frac{1}{16}$ donne 10 de quantité de mouvement, & 11 multiplié par 1 donne 11 ; donc la quantité de mouvement de l'eau DC sera plus grande que celle de l'eau BE, ou ce qui est la même chose, la vitesse de l'eau de la petite branche aura plus grande raison à la vitesse de l'eau de la grande branche, que le poids de cette dernière au poids de l'autre ; & par le principe universel l'eau du petit tuyau descendra. On tirera les mêmes conséquences pour les autres hauteurs inégales jusqu'à ce

que les deux surfaces des eaux de ces branches soient de niveau , & elle ne s'arrêteront point qu'elles ne soient à même hauteur.

On peut encore considérer l'eau en A G , comme si elle étoit divisée selon sa longueur en seize petites colonnes quarrées chacune égale à la petite colonne quarrée C D : & parce qu'aucune de ces petites colonnes ne peut monter plus haut ny descendre plus bas que les autres , on doit juger de même de la petite colonne C D , quoy qu'elle ne leur soit pas contiguë.

De là il s'ensuit que si on met un corps flottant sur l'eau de la branche A B , & que le poids de ce corps soit égal à celui de l'eau qui occuperoit la hauteur A E après qu'on l'auroit ôté , l'eau de la petite branche demeurera toujours à la hauteur C D , & il se fera équilibre entre l'eau C D & l'eau B E jointe au poids du corps flottant par les mêmes raisons cy-dessus.

Lorsque la petite branche est tres-menue comme d'une demy-ligne , ou d'un tiers de ligne , l'eau y monte plus haut qu'en l'autre branche d'un pouce ou de deux , ce qui arrive aussi quand on trempe dans l'eau un tuyau de verre , dont le diametre est moindre qu'un quart de ligne , car elle s'y élève à la même hauteur d'un pouce ou de deux par-dessus le reste.

de la surface de l'eau, & toute cette eau qui s'élève au dessus du niveau dans les tuyaux tres-menus ou dans ceux qui le sont médiocrement, comme d'une ligne ou d'une demy-ligne est égale sensiblement à une grosse goutte d'eau qui étant attachée à quelques corps, demeure suspendue sans tomber.

On voit le même effet dans l'expérience de la bouteille cy-dessus, car si le tuyau est tres-étroit comme d'une demy-ligne, l'eau n'y descendra que jusques vers L environ un pouce au dessus de E, & alors cette cause particuliere d'adhesion resiste à l'effort de l'air qui est sur l'eau dans le tuyau; & plus le tuyau est étroit, plus le point L sera élevé.

Quelques-uns attribuent la cause de cet effet au poids de l'air qui agit pleinement sur l'eau du tuyau large, & ne peut bien agir sur celle du tuyau étroit; mais on doit rejeter cette cause. Car si l'on plonge un semblable tuyau dans du Mercure, il n'y monte pas si haut que le niveau du reste du Mercure, & toutesfois le poids de l'air y doit agir de même qu'à l'égard de l'eau: & même si l'on trempe dans l'eau un de ces tuyaux étroits qui n'ait qu'un demy-pouce de hauteur, l'eau y monte jusques au haut, quoy qu'alors l'air n'ait point de peine à s'y insinuer: joint à cela

que si ce tuyau est gros ou qu'il ait été laissé long-temps sans être mouillé, il contracte un certain enduit où l'eau ne s'attache point; & alors l'eau ne s'y élève pas au dessus du niveau quoyque la cause du défaut du poids de l'air demeure la même sans changemens. Il faut donc expliquer cet effet par les mêmes causes qui font élever l'eau qui est dans un vaisseau de bois vers les bords jusques à plus d'une ligne & demie de hauteur avec une petite concavité, & qui fait joindre deux gouttes d'eau l'une à l'autre quand elles se touchent, desquelles causes on a parlé dans le premier discours assez au long.

On voit un effet surprennant de l'équilibre dans l'expérience suivante Ayez un tonneau de bois large de deux ou trois pieds ABCD, plein d'eau enfoncé par les deux bouts: Faites une ouverture au fond d'en-haut comme en E, pour y mettre un tuyau d'un pouce de largeur, si bien joint avec de la poix & de la fillace ou avec quelque autre matiere, que l'air n'y puisse entrer, & que ce tuyau étroit, sçavoir, EF ait 12 ou 15 pieds de hauteur; emplissez d'eau le tonneau par quelques trous qu'on fera au fonds supérieur, & posez sur le fonds sept ou huit cens livres de poids qui le feront courber en concavité comme AMD; si l'on met une marque blanche au dehors

du tuyau, comme au point H, & à côté un peu plus haut une regle I L, plantée dans

le mur voisin, & affermie de maniere qu'elle demeure immobile; en versant de l'eau ensuite peu à peu dans le tuyau étroit E F, vous verrez que quand il sera plein, le fond A M D se fera élevé avec les poids de 800 livres dont il est chargé, non seulement à son premier état A E D,

mais même quand il aura pris une courbure convexe, & que son élévation dans le milieu sera autant élevée par dessus le point E, que le point M étoit au dessous auparavant ; ce que l'on connoitra parce qu'on verra élever la marque blanche H, & passer peu à peu plus haut que la regle IL, dont on pourra mesurer la différence. Que si le tuyau est encore plus haut l'élévation des poids sera encore plus grande : d'où l'on juge que le peu d'eau qui est dans le tuyau, a autant de force pour élever ce grand poids & courber le fonds du tonneau en convexité, que si ce tuyau étoit de même largeur que le tonneau. Cet effet le prouvera par les mêmes raisons cy-dessus touchant l'eau de la petite branche CD, qui fait élever l'eau de la branche BA, lorsqu'elle n'est que jusques à E, quand même elle peseroit 1000 fois davantage : Car la vitesse que prendra l'eau du petit tuyau FE en descendant, sera à celle de fond AD avec ses poids en s'élevant, comme la surface de ce fond est à la surface de ce tuyau ; c'est-à-dire que si le tuyau a un pouce de diametre & le fond 30 pouces, la surface du fond sera 900 fois plus grande que celle du haut de l'eau du tuyau : donc si l'eau du tuyau descend d'un pouce, celle qui touche le fond supérieur du muil

ne s'élèvera que de $\frac{1}{900}$ de pouce ; & par conséquent si l'eau du tuyau pèse une livre, elle fera équilibre avec 900 livres, donc elle fera élever les 800 livres qui sont sur le fond avec le peu d'eau qui passera au dessus de A E D ; mais il faut supposer que le fond s'élève tout entier en même temps pour la justesse du calcul & du raisonnement.

Lorsque dans un syphon l'une des branches est inclinée, & l'autre perpendiculaire étant toutes deux à peu près de même

largeur, l'eau s'y mettra aussi de niveau ; Car soit le syphon A B C posé en sorte que la branche A B soit perpendiculaire, & que C B soit en un plan incliné, il est manifeste que le poids de l'eau qui sera en D B,

sera au poids de celle qui sera en E B, comme la grandeur D B est à la grandeur E B ; mais si E D est une ligne hori-

zontale, la force totale de l'eau E B pour descendre fera à celle qu'elle auroit si elle tomboit perpendiculairement, comme la longueur E B est à la longueur D B : Donc elle fera équilibre à l'eau D B, dont la direction est perpendiculaire suivant le principe universel ; Car les espaces passez en même temps par les eaux de ces deux branches selon leurs directions naturelles vers le centre de la terre, seront en raison reciproque de leurs poids, c'est-à-dire de E B à D B, & par conséquent l'eau E B ne forcera point l'eau B D ; le frottement plus grand dans la longue branche peut faire quelques différences, & donner un peu plus de peine pour faire mouvoir l'eau par le plan incliné E B ; mais quand l'une ou l'autre des branches seroit plus grosse, cela n'empêcheroit point l'équilibre par les mêmes raisons qui ont été dites cy-dessus.

Lorsque dans les syphons qui ont une branche beaucoup plus grosse que l'autre, comme en la figure suivante, on ferme le bout de la petite branche avec le doigt, & que la grande étant ensuite remplie d'eau, on leve le doigt tout à coup, le premier mouvement de toute l'eau A B est retardé par la difficulté de l'issuë en G ; mais le mouvement par F C, est beaucoup plus vite en son commencement,

que quand les deux branches sont d'égale largeur : d'où il arrive que si l'on met un peu d'eau dans la branche F C , jusques à ce qu'elle remplisse le tuyau de jonction B C , & si après avoir fermé le bout F avec le pouce , on remplit l'autre partie A B jusques à la ligne horizontale E D , & qu'on leve ensuite le pouce tout à coup , l'eau montera plus haut que D comme jusques en F , ce qui arrive parce que l'eau de la grande branche descendant quoyque lentement , fait monter tres-vite l'eau dans la petite branche ; & que toute l'eau se mouvant pour arriver à l'équilibre , elle se meut encore après y être arrivée par la vitesse acquise comme dans le syphon uniforme ; ce qui fait que l'eau de la grande branche descend encore , & fait monter l'autre comme jusques à 3 ou 4 pouces au dessus de D d'où elle redescend , & après quelques balancemens elle s'arrête enfin à la même hauteur dans les deux branches au dessous de E F ; & quand le tuyau A B seroit tout plein avant que d'ôter le pouce , l'eau ne

laisseroit pas de jaillir deux ou trois pouces plus haut que F, si la branche A B est beaucoup plus large que la branche C D; car alors la descente & la montée dans cette branche large sera fort petite & presque insensible. Voicy les experiences qui en ont été faites.

On a pris un bacquet de fer blanc A B C D avec le tuyau E F de 4 pouces de largeur où étoit soudé le tuyau recourbé de verre F G H; on emplissoit le bacquet & le tuyau E F après avoir mis le ponce en H pour empêcher l'air de sortir du tuyau G H; & quand on ôtoit le ponce, l'eau jaillissoit jusques en I environ trois pouces

plus haut que la surface de l'eau D A; mais lorsque le tuyau de verre alloit jusques à 5 ou 6 pouces plus haut que A D, l'eau y montoit à environ 4 pouces plus haut que H, d'où elle redescendoit, & enfin se mettoit dans l'équilibre. On a fait la même experience dans un tuyau L E F égale largeur par tout, G H demeurant toujours

toujours plus étroit que L E F , & l'eau
 jaillissoit plus haut que le point H , de mê-
 me que quand le bacquet A D étoit au
 dessus de E F : Or en ces cas l'eau com-
 mence à monter assez vite par G , & monte
 encore un peu plus vite quand l'eau L E a
 acquis du mouvement. Mais cette vitesse
 par G H commence à diminuer quand l'eau
 des deux branches est arrivée à l'équilibre ,
 c'est-à-dire à la hauteur où elle doit demeurer
 dans les deux branches , comme à celle
 de la ligne horizontale K M. Que si l'on
 met des liqueurs différentes dans les deux
 tuyaux , les plus legeres demeureront éle-
 vées dans les tuyaux plus haut que les au-
 tres selon les proportions reciproques de
 leurs pesanteurs , dont vo'cy les regles.

*Regle de l'équilibre des liqueurs différen-
 tes par la pesanteur.*

O N considère icy deux sortes de pesan-
 teurs des corps , l'une qui procede
 de la masse du corps , comme un pied cu be
 de bois pese plus qu'un ponce cube de
 même matiere ; l'autre procede de la den-
 sité des matieres ou de quelque autre cau-
 se par laquelle un corps pese plus qu'un au-
 tre de pareil volume , comme un ponce cu-
 be d'or pese plus qu'un ponce cube de fer ,

K

nous appellerons pesanteur spécifique cette dernière pesanteur ; ainsi la pesanteur spécifique de l'eau est plus grande que celle de l'huile ; on ne considère point icy le poids de l'air dans lequel on pèse les corps , quoy qu'à la rigueur on y doit avoir égard.

Soit donc dans le syphon A B C de l'eau en équilibre à la hauteur D E qu'on verse tout doucement de l'huile dans la branche C B. jusques à ce qu'elle soit à la hauteur C , il arrivera que l'eau descendra au dessous de E , & s'élèvera au dessus de D en l'autre branche ; soit la descente E F , & D G l'élévation , & soit tiré F H horizontale , alors l'huile F C fera à l'eau H G reciproquement comme la

pesanteur spécifique de l'eau est à celle de l'huile ; car l'eau F B fera équilibre avec l'eau B H , donc l'huile F C fera équilibre avec l'eau H G , or il est nécessaire pour faire que le tout demeure en cet état que les parties H & F soient également pressées selon le principe cy-dessus : Donc la quantité d'huile F C pesera autant sur F

que l'eau H G sur H. La même chose arrivera au mercure & à l'eau; Car si on met dans le syphon A B C du mercure jusques à la hauteur D E & qu'on verse doucement de l'eau par C inclinant un peu le syphon au commencement afin que l'eau ne se mêle point avec le mercure, & que l'eau soit élevée jusqu'en C, & le mercure jusqu'en I, l'eau descendra comme jusques à la ligne horizontale K L; & alors l'eau K C avec le mercure K B, fera équilibre avec le mercure B I; & comme la pesanteur spécifique du mercure est à celle de l'eau, ainsi reciproquement la hauteur K C sera à la hauteur L I, & par ce moyen il sera facile de déterminer les pesanteurs spécifiques des liqueurs à l'égard l'une de l'autre, car si le mercure pèse quatorze fois plus que l'eau, K C sera quatorze fois plus grande que L I.

Ayant considéré l'équilibre des différentes liqueurs entr'elles, on peut considérer celui des corps fermes qui n'agent sur l'eau, comme le bois, la cire, &c. En voicy les regles.

*Regles de l'équilibre des corps fermes dont
la pesanteur spécifique est moindre
que celle de l'eau.*

I. REGLE.

TOut corps ferme plus pesant que l'air & plus léger que l'eau y étant mis, s'y enfoncera un peu & fera élever l'eau, & toute sa partie enfoncée sera au reste comme sa pesanteur spécifique à celle de l'eau.

Soit dans la figure suivante B C D E de

l'eau dont la surface supérieure soit B C, contenuë dans quelque vaisseau ; & soit A F G H un corps cubique plus léger spécifiquement que l'eau, & plus pesant que l'air ; je dis qu'il ne demeurera pas sur la superficie de l'eau ; Car la colonne carrée d'eau K R L I seroit plus pressée qu'une co-

omme égale $BEIK$, puisque le poids du corps AH y seroit de plus ; donc le poids descendra, & entrera dans l'eau, mais il ne s'y cachera pas entierement, parce qu'alors la colonne $KRIL$ composée de ce corps & d'eau, seroit plus legere qu'une égale colonne d'eau $BEIK$; soit donc son enfoncement jusques en KR , & que l'eau qui l'environne se soit élevée jusques en BC , qui sera plus haute qu'elle n'étoit auparavant à cause que la portion $KGHR$ du corps occupe la place d'une partie qui est obligée de s'élever : je dis que l'eau contenue en $KGHR$, dont le corps occupe la place, sera d'un poids égal au poids de tout le corps, c'est-à-dire que si une quantité d'eau égale en volume à $KGHR$ pèse autant dans l'air que le corps entier $AFGH$, il demeurera dans cette situation ; & la portion $KRGH$ de ce corps sera au total, comme la pesanteur spécifique de tout ce corps sera à celle de l'eau.

Ainsi si le corps $AFGH$ est à l'eau en pesanteur spécifique comme 3 à 4, la partie $AFKR$ qui passera au dessus de l'eau sera le quart de toute sa hauteur ; car s'il pesoit 12 livres dans l'air, autant d'eau peseroit 16 livres ; & par conséquent la partie $KRGH$ peseroit 12 livres si elle étoit d'eau, elle ne pesera donc que 9 livres ; & la partie au dessus de l'eau $AFKR$ sera de

3 livres & le tout pesera 12 livres comme l'espace d'eau occupé par la partie du poids qui y entre qui sera 16 livres dans la même raison de 3 à 4 : & par la première règle le poids demeurera en cet état dans l'eau. Et parce que le liege est 4 fois moins pesant que l'eau, si l'on met dans de l'eau B C E D un cylindre de liege A F G H, il descendra, & si la superficie de l'eau est double de celle de la baze du cylindre, l'eau ne s'élèvera que de la huitième partie de la hauteur du cylindre, & le cylindre ne descendra dans l'eau que de son quart, en sorte que la partie qui restera hors de l'eau sera les 3 quarts de tout le cylindre.

L'eau s'attache quelquesfois aux corps légers, & s'élève un peu en concavité contre la partie au dessus de K, & quelquesfois il se fait un petit enfoncement au dessous, comme il a été expliqué cy-devant, ce qui pourroit faire quelque difficulté ; mais ce peu d'eau qui s'élèvera au dessus du reste de la surface de l'eau n'y pourra faire qu'un très-petit changement, & on ne le considère point icy.

Cette propriété de l'eau de s'attacher ou de ne pas s'attacher à de certains corps, fait quelquesfois paroître des effets assez surprenants. En voicy des exemples.

A B C est un verre à demy-plein d'eau,

dont la surface supérieure est D'E : s'il y a

une petite bulle d'écume pleine d'air comme F, ou une petite balle creuse de verre pleine d'air plus légère que l'eau ou quelques autres corps semblables, elle ira vers les bords E ou D, &

s'y tiendra comme collée ; mais au contraire si le verre est tout plein d'eau comme en A C, alors la petite balle K ne pourra approcher du bord, si on l'y pousse elle reviendra vers le milieu en K. Mais il y a d'autres petits corps légers qui font des effets tout contraires. Prenez une petite balle de cire non mouillée, & la posez doucement sur l'eau en F, quand le verre n'est pas plein, elle fuira les bords, & si on la met en K vers le milieu quand le verre est plein, elle ira se précipiter vers C jusques à ce qu'elle touche le bord du verre. On peut expliquer ces effets en cette sorte.

AB est la surface de l'eau quand le verre n'est pas plein, CD est le bord du verre où l'eau fait une petite élévation comme *efg*, E est la boule de cire qui étant grasse & posée doucement sur l'eau

y fait un petit creux H I K à cause que

L'eau ne s'y attache pas, & la balle entre au dessous de la face de l'eau A H K B jusques à ce que la partie qui est au dessous avec l'air qui est compris au dessous de la ligne horizontale ponctuée pese autant que l'eau qui y étoit contenuë dans l'espace compris de cette ligne ponctuée H K & de la ligne courbe H I K, or si l'on fait avancer cette balle jusques vers g, lorsque le point K de l'extrémité de la concavité H I K veut s'approcher plus près du bord du verre que le point g, alors l'eau qui est en *ef* n'étant plus soutenue par celle qui est au point g descend, & repousse la boule jusques à ce que le point K soit joint au point g la courbure *efg* demeurant en son premier état.

Mais si ce verre est tout plein & que l'eau passe par dessus les bords sans se renverser comme il se peut faire aisément, & comme on le voit en la figu-

re suivante où l'eau fait une convexité

depuis L jusques au bord du verre B, alors quand la boule E se sera avancée jusques à ce que la section HIK rencontre la convexité LB, comme en P, ce point P sera plus bas que le point H de l'autre côté de la balle ; & par ce moyen la balle se trouvera dans un penchant qui sera encore plus grand quand la même section s'approchera plus près de B, & cette pente deviendra toujours plus roide jusques à ce que la balle touche le verre au point B, comme on le voit en la même figure de l'autre côté du verre.

Par ces mêmes raisons lorsque deux de ces balles sont mises assez près l'une de l'autre, elle se joignent : car soit la ligne ACDEFB le niveau de la surface de l'eau,

CaeE, DebF les deux creux que font le
L

balles , & le point *e* l'interfection des creux ; il est évident que le point *e* fera plus bas que le niveau de l'eau A C F B , & que par conséquent il y aura une pente de part & d'autre ; ce qui fera que les balles couleront jusques à ce qu'elles se rencontrent comme on le voit en cette même figure. Que si l'une des balles est mouillée , en sorte que l'eau s'y puisse attacher , elles se repousseront l'une l'autre ; ce qui se prouve de même ; car dans la balle mouillée B en la figure suivante ; il se fait une élévation de

l'eau comme C B & B D , & dans l'autre E un creux comme F G H ; & si on les pousse l'une contre l'autre , l'eau s'élèvera davantage vers C entre les deux balles & en une plus grande quantité , ce qui fera que les balles seront repoussées en arriere l'une de l'autre ,

Que si les deux balles de la figure precedente sont mouillées , elles s'approcheront à cause de la concavité qui reste entr'elles ; & elles se joindront par la même cause que deux gouttes d'eau se joignent & ne font plus qu'une seule goutte. Car les deux élévations d'eau B C , C D dans la

figure suivante, sont comme deux demy-

gouttes qui doivent se joindre en se touchant tant soit peu.

C'est par la même raison que deux balles mouillées se joignent & qu'elles s'approchent des bords du verre quand il n'est pas plein : car il s'y fait une semblable élévation d'eau ; & quand il est plein & que l'eau passe plus haut que les bords , la balle mouillée en est repoussée de la même manière qu'elle est repoussée par une balle non mouillée ; car s'approchant du bord du verre C , la petite élévation d'eau A B fait

hausser plus haut celle qui est entre B & C , & alors toute l'élévation est plus forte

que la seule D F qui n'est que concave ; & par conséquent la boule sera repoussée du côté de D , ce qui est conforme à l'expérience.

Cette difficulté qu'a l'eau de s'attacher à la cire , fait que quelquefois des corps plus pesans que l'eau ne coulent pas au fond , comme si le petit cylindre E K est de bois ou de quelque autre bois plus pesant que l'eau , & qu'il soit frotté de suif , ou enduit

de quelque vernix qui empêche l'eau de s'y attacher, il demeurera suspendu & fera un enfoncement dans l'eau comme F G H K I L M ; car l'espace d'air G F L M qui est au dessous du niveau A F M B , n'ayant point

de poids, le fond O P ne sera pas plus chargé que C O qui luy est égal & même on peut pousser un peu avec le doigt

en embas le petit cylindre, sans qu'il aille au fond; pourveu que les courbures F G, M L soient moindres qu'une ligne & demie; car pouvant être de 2 lignes sans que l'eau coule sur G L, il y aura plus d'air au dessus, & dès qu'on ôtera le doigt, le cylindre remontera, non pas à cause que l'air le retire à soy, mais parce que les colonnes d'eau qui sont à côté, dont les bases sont égales à P O, pese plus & font remonter le cylindre G L. On peut mettre par ces mêmes raisons une petite éguille sur de l'eau calme sans qu'elle enfonce, si elle est un peu grasse & seiche; mais dès qu'elle sera mouillée, l'eau s'y attachera, & il ne s'y fera point d'enfoncement où l'air se

puisse loger, & elle ira au fond.

On peut s'étonner pourquoy la glace va au dessus de l'eau, car il semble qu'étant plus froide que l'eau coulante elle doit être plus condensée & par conséquent plus pesante; mais il faut remarquer que la glace est toujours mêlée de quelques bulles d'air, comme il a été expliqué dans la première Partie; & c'est ce mélange qui la rend plus légère: & encore qu'en quelques endroits de la glace ce mélange ne soit pas visible à cause de la petitesse des parcelles d'air, on peut croire qu'il y en a toujours quelque peu, & que ce peu étant joint à la glace dont la condensation à l'égard de l'eau n'est pas fort considérable, peut faire un composé moins pesant que l'eau.

La même chose arrive au plomb à la graisse, à la cire, & à quelques autres matières semblables; car ces matières étant fonduës soutiennent les parties qui ne le sont pas encore, ce qui procède de ce qu'il se fait toujours quelques intervalles vuides entre les parties de ces corps quand ils commencent à se durcir. Si l'on coupe une balle de plomb par le milieu, on y trouve vers le centre un vuide considérable; la graisse en se congelant devient opaque à cause des petits intervalles vuides qui s'y font qui empêchent la lumière de continuer en ligne droite par les diverses re-

66 *Du Mouvement des Eaux.*
fractions & reflections qu'elle y souffre.

Application de cette Regle.

SI l'on enferme un vaisseau vuide ABCD dans l'eau FEIL contenuë dans quel-

que vaisseau GLIH, tenant ce vaisseau vuide en sorte qu'il soit droit, & qu'il ne puisse pas se renverser ; il faut autant de force pour en tenir une partie arrêtée à une certaine profondeur au dessous de la surface de l'eau EF comme celle qu'il faudroit pour soutenir en l'air un poids M qui étant mis dans le fond du vaisseau ABCD le pourroit tenir en cette situation, lequel poids avec celui du vaisseau vuide doit être égal au poids de l'eau qui occuperoit l'espace NO DC, comme il a été expliqué cy-devant.

On peut appliquer cet effet à la glace qui se forme dans les rivières autour des pilotis qui soutiennent les Ponts, pour juger si la rivière venant à s'enfler, la glace qui est attachée aux pilotis les peut soulever & renverser le Pont. Car supposant que la glace ait un pied d'épaisseur, & qu'elle pèse avec l'air dont elle est remplie moins d'un douzième que l'eau, on fera aisément le calcul pour sçavoir quelle pesanteur peut l'empêcher de s'élever au dessus de l'eau, comme si elle a 400 pieds de surface, ce sera 400 pieds cubes dont chacun ne pesera que 64 livres au lieu des 70 pour le pied cube d'eau, & le produit de 6 différence de 64 à 70 étant multiplié par 400 est 2400 livres : Or si le poids des pilotis du Pont est plus grand que 2400, la glace n'arrachera pas les pilotis ; car il y aura encore de plus la résistance que font les pilotis par leur frottement contre le terrain ferme où ils sont engagez, pour être arrachez.

Si la glace n'étoit que du côté d'en-haut & qu'elle fût extrêmement longue comme A B, elle pourroit servir de levier, comme on le voit en la figure, en faisant son appuy sur le dernier pilotis C D pour arracher les pilotis E F & G H, mais il ne faudroit prendre la portion de sa force que depuis la moitié de la distance A B

à cause que chaque partie de la glace A B n'agit que selon sa distance jusques au point d'appuy D ; que s'il y a aussi de la glace de l'autre côté & de la même longueur , alors elle employera tout son effort : Mais comme ordinairement les Ponts ont beaucoup de pesanteur , ils sont plutôt emportez par le choq continuel des grands glaçons qui peu à peu les ébranlent , & les déracinent en les heurtant par en haut , que par le soulevement de la glace qui n'y peut pas faire un grand effort.

Si l'on met un corps fort léger dans des liqueurs différentes en pesanteur spécifique, la partie enfoncée dans l'une sera à la partie enfoncée dans l'autre , comme la pesanteur spécifique de l'une est à la pesanteur spécifique de l'autre.

Par ces mêmes raisons les Vaisseaux & les Batteaux chargez de marchandises doivent s'enfoncer dans l'eau jusques à ce que l'eau

dont ils occupent la place au dessous du niveau, pèse autant que le Vaisseau avec tout ce qui est dedans : D'où il est arrivé quelquesfois que des Vaisseaux entrant de la mer dans des rivières couloient à fond ; parce que l'eau douce étant plus légère que celle de la mer, l'espace de l'eau douce égal à celui qu'occupoit le Vaisseau entier étoit moins pesant que le poids du Vaisseau, & que dans la mer ce poids du Vaisseau étoit moins pesant.

II. R E G L E.

L Es corps plus légers que l'eau étant retenus par force au fond de l'eau, & étant ensuite laissez en liberté s'élèvent au dessus de l'eau en la manière suivante :

A B C D est l'eau contenue dans le Vaisseau ; E F G H est le corps dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau : Or la colonne K I G H pèse moins qu'une colonne d'eau de même volume I H

B D, & par conséquent l'eau proche du

point H, entre H & D est plus chargée que celle qui est entre G & H, & par consequent elle s'insinuëra & coulera sous le corps GH & le poussera en haut. Les autres parties de l'eau qui sont au fond à la même profondeur que le dessous de ce corps feront le même effet pour le pousser en haut ; & comme il rencontrera plus haut de semblables dispositions, il sera toujours élevé jusques à ce qu'une partie soit au dessus de l'eau ; & parce qu'il s'élèvera avec vitesse, il passera un peu plus haut que l'endroit où il doit s'arrêter ; mais il redescendra un peu plus bas que cet endroit, & enfin après quelques autres balancemens il s'arrêtera dans le lieu de son équilibre selon les regles precedentes.

Que s'il y avoit un trou dans le fond du Vaisseau comme L, par où l'eau coulât, le corps FH ne s'élèveroit point ; car la même eau qui devroit pousser ce corps en haut, descend par l'ouverture & l'entraîne de son côté par sa viscosité ; & étant pressé par dessus par la colonne d'eau K E I F, il demeurera toujours au fond de l'eau jusques à ce qu'elle soit toute écoulée.

Il est évident par ce qui a été dit cy-dessus, que si ABCD est un Vaisseau plein d'eau ayant une ouverture en E, l'eau qui est à côté comme en F étant pressée par toute l'eau supérieure, sera pressée vers l'ouver-

ture avec plus de force que celle qui est au dessus perpendiculairement; comme en I : si le point G est plus éloigné du point E que le point F, on en verra l'expérience en y laissant tomber un petit

morceau de papier tortillé & mouillé, ou quelque autre petit corps un peu plus pesant que l'eau, comme des fragmens de scieures de bois : Car dès qu'on ôtera le doigt qui soutenoit l'eau en E, l'eau coulant sera suivie du papier en F, ce qui fera connoître que les parties de l'eau proche de ce petit corps, y sont poussées de même que les autres parties qui sont les plus proches de l'ouverture, & qui sont comprises dans une demie Sphère comme Q H I L N, celles qui seront les plus proches comme en M ou F, iront succéder à celles qui coulent plus vite, que les plus éloignées, comme H ou L, & beaucoup plus que celles qui sont comme en G ou plus haut en O. On en fera l'expérience en laissant tomber des petites parcelles de quelques matieres dans l'eau avant qu'ôter le

doigt : Car on verra que celles qui seront en H ou L , & qui tomboient perpendiculairement , seront détournées pour aller par les rayons de la demie Sphère HE & LE avec une plus grande vitesse que de semblables petits corps qui seront en O ou en G. La même chose arrivera si l'ouverture est comme en P au lieu d'être en E : Car les petits corps qui seront dans la demie Sphère KRS , y couleront dès qu'on aura ôté le doigt ; c'est par cette raison que si on perce un tonneau de vin à un doigt au dessus de la lie , & que le trou soit assez grand , les parties de la lie les plus proches monteront pour y passer & rendront le vin trouble. Lorsque les ouvertures E ou P sont fort petites , la demie Sphère ne s'étend pas si loin que quand elles son grandes.

III. R E G L E.

L Es corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau , tomberont au fond.

EXPLICATION.

S Oit A le corps plus pesant que l'eau , il descendra de la même manière dans l'eau que dans l'air sinon qu'il descendra moins vite , l'eau B qui sera immediate-

ment au dessous sera poussée en bas par ce corps qui choquant l'autre plus bas la poussera à côté vers C & D en circonférence, & toute l'eau du Vaisseau sera mise en mouvement ; &

quand le corps sera descendu comme en B il se fera d'autres tourbillons pour remplir la place qu'il quittera jusques à ce qu'il touche le fond.

IV. R E G L E.

LEs corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, perdent dans l'eau autant de leurs poids qu'en a l'eau dont ils occupent la place.

Suspendez le corps A B, dans l'eau par la corde C D, supposé qu'on en ait ôté intérieurement la partie E, en sorte que le reste pese autant que l'eau qui rempliroit tout l'espace A B si ce corps étoit ôté, il est évident qu'il fera alors équilibre avec autant d'eau située à côté ; & par conséquent qu'il ne peseroit rien sur la corde C D, non plus que si on la trempoit dans l'eau

sans le corps : Donc si l'on entend que la partie E y soit remise , tout le corps ne pesera sur C D qu'autant que pèse la partie E ; d'où il s'ensuit ce qui avoit été proposé : De là on peut trouver le moyen d'examiner la pesanteur spécifique de tous les corps qui pèsent plus que l'eau , tant à l'égard de l'eau que des autres

corps ; car soit par exemple le corps A B , d'or ; il faudra le peser dans l'eau avec une balance l'attachant à l'un des bassins par une cordelette & mettant un poids d'égale pesanteur dans l'autre bassin , on le laissera tremper ensuite entièrement dans l'eau , & s'il faut ôter $\frac{1}{18}$ du poids qui luy faisoit équilibre dans l'air pour continuer l'équilibre lorsqu'il est dans l'eau , on connoîtra que la pesanteur spécifique de l'or est à celle de l'eau comme 18 à 1 , & si le corps est de plomb & qu'il faille ôter $\frac{1}{11}$ du poids qui luy faisoit l'équilibre dans l'eau ; on connoîtra que la pesanteur spécifique de l'eau

à l'égard du plomb est comme 1 à 11, & ensuite que celle de l'or à l'égard du plomb est comme 18 à 11; de là on pourra connoître si une piece d'or est fausse sans l'alterer, car si dans une semblable experience elle perd dans l'eau $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{14}$ de son poids, on jugera qu'il y a d'autres métaux mêlez en assez grande quantité, comme le tiers ou la moitié, & qu'elle est fausse; mais si elle ne perdoit que $\frac{1}{17}$ on pourroit la prendre pour bonne, parce qu'il y auroit tres-peu de mélange. Que si l'on suspend dans un seau avec une corde un grand corps cylindrique de verre ou de métal, en sorte qu'il le remplisse à peu près sans toucher le bors ny le fond, & qu'on y verse de l'eau pour remplir les vuides jusques à la hauteur du corps cylindrique; alors celuy qui supportoit le seau facilement avant qu'on y eût mis l'eau aura de la peine à le supporter; car il pesera autant que s'il étoit plein jusques à la hauteur de ce corps après qu'il seroit ôté, & celuy qui soustenoit la corde sera déchargé d'autant de poids que seroit le poids de l'eau dont le corps cylindrique occupe la place; la raison est qu'alors ce corps suivroit les mêmes regles que les corps qui sont soustenus dans l'eau dont le poids diminuë du poids d'un pareil volume d'eau que celuy qu'ils occupent, & par consequent celuy qui soustiendrait la corde

se sentiroit déchargé d'un poids égal au poids de l'eau d'un pareil volume que le corps cylindrique, & l'autre qui auroit la main sous ce seau, outre le poids du seau soutiendrait autant de poids que celui dont l'autre se sentiroit déchargé, & encore celui du peu d'eau qu'on y auroit versée.

Quelquesfois les corps plus légers que l'eau vont au fond par une cause assez facile à expliquer ; en voicy une expérience : Ayez un verre cylindrique de 7 ou 8 pouces de hauteur & de trois ou quatre de largeur comme A B C D, qui ait une ouverture E, au milieu du

fond d'environ 3 lignes, emplissez le verre d'eau, tenant le doigt sous E, & mettez au dessus de l'eau une petite balle de cire F qui puisse passer par l'ouverture E, & lors que l'eau sera calme & arrêtée, ôtez le doigt & laissez couler l'eau ; la cire descendra de même que la surface de l'eau & passera

par E avec la dernière eau. Mais si vous donnez un grand mouvement circulaire à l'eau, soit en la versant de travers contre

les

les bords du verre ou autrement, lorsque vous ôterez le doigt de l'ouverture, vous verrez descendre la balle incontinent après que l'eau aura commencé à couler, & faire un vuide dans le milieu de l'eau où l'air s'insinuë comme depuis H jusques à E, & ce vuide ne se remplit point que toute l'eau ne soit écoulée, & l'on voit toujours comme une colonne d'air torse depuis le haut de l'eau jusques à l'ouverture E.

Cet effet s'explique en cette maniere. L'eau qui est dans la demie Sphere CILMD est poussée vers E, lorsque l'eau est calme & sans mouvement considerable comme il a été prouvé, & elle succede à celle qui sort avant que celle qui est vers H y soit descenduë; mais lorsque l'eau a un grand mouvement circulaire les parties laterales vers M & I ou r & s , ne peuvent arriver vers E qu'après 4 ou 5 tours en spirale, & même elles sont portées vers les bords du verre à cause qu'elles sont poussées selon les tangentes des cercles qu'elles décrivent; d'où il arrive que la colonne entiere FE y tombe d'abord & y passe toute avec la petite balle de cire qui est au dessus; & parce que l'eau qui est à côté de cette colonne qui s'est écoulée, ne peut pas remplir sa place assez vite à cause de son mouvement circulaire qui n'y a pas sa direction, il est nécessaire que l'air superieur par

son poids & son ressort s'y infinuë, & y demeure toujours jusques à la fin de l'écoulement.

Il arrive quelquesfois que la petite balle n'est pas directement sur la colonne, & alors elle est portée un peu à côté entre deux eaux, même si elle revient vers le milieu, la colonne d'air la repousse par son ressort jusques vers les bords du verre: Mais enfin elle entre dans la colonne vuide & passe ensuite par l'ouverture en tournoyant tres-vite avant que la moitié de l'eau soit écoulée.

C'est par les mêmes raisons que s'il y a une grande ouverture sous le fond d'une eau profonde soit d'une riviere ou de la Mer, par où l'eau s'écoule vers des lieux éloignez plus bas, comme on dit que la mer Caspienne s'écoule dans le Port Euxin l'eau entraîne les Vaisseaux qui passent par dessus ce gouffre; Car l'eau y tombant de biais prend toujours son mouvement tournoyant & fait le même effet à l'égard des Vaisseaux qui passent par dessus, que l'eau tournant dans le verre *A B C D* à l'égard de la balle de cire. On dit aussi qu'il y a dans quelque Mer proche de la Suede un semblable tournoyement d'eau où les Vaisseaux s'abaissent, & qu'on en a veu quelquesfois les débris en un endroit d'une Mer voisine qui est plus basse. Il est aisé de ju-

ger que l'eau employe plus de temps à s'écouler par l'ouverture E quand elle tourne en rond, que quand elle ne tourne point, puisqu'au premier cas l'air occupe une partie de cette ouverture.

SECOND DISCOURS.

De l'Equilibre des corps fluides par le ressort.

L'Air & la flamme agissent par leur ressort pour faire équilibre avec les autres corps; le ressort de l'air se manifeste par plusieurs experiences soit dans les barometres où il se dilate beaucoup, soit dans les arquebuses à vent où il se condense extrêmement; mais il est tres-difficile de bien expliquer ces dilatations & ces condensations. Pour en donner quelque idée, on peut considerer toute l'étendue de l'air de bas en haut, comme un grand amas d'éponges ou de balles de coton, dont les plus hautes auroient leur étendue naturelle; mais celles du dessous étant pressées par le poids des superieures se réduiroient à une tres-petite épaisseur, & elles reprendroient leur premiere dilatation, lorsqu'elles seroient déchargées du poids des autres. Suivant cette hypothese on peut

dire que l'air d'icy-bas fait équilibre par son ressort avec le poids de tout le reste de l'air dont il est chargé ; en sorte que si cet air supérieur devenoit plus pesant ou qu'on y en mît davantage , l'air inférieur se condenserait un peu plus qu'il n'est ; & si le supérieur devenoit moins pesant ou s'il avoit moins d'étendue , l'inférieur se dilateroit davantage. On peut comparer aussi le ressort de l'air à un ressort d'acier qui se presse & se ferre davantage quand on le charge d'un plus grand poids , & qui se relève & s'étend quand on ôte une partie du poids ; & comme on peut dire qu'un ressort d'acier étant pressé & réduit à une certaine figure par un poids , fait équilibre dans cet état avec ce poids ; on peut dire de même que l'air d'icy-bas condensé comme il est , fait équilibre par son ressort avec tout le poids de l'Atmosphère.

Plusieurs expériences font voir que la condensation de l'air se fait selon la proportion des poids dont il est chargé : En voicy une assez facile. Prenez un tuyau de verre recourbé A B C fermé au bout C. & ouvert à l'autre ; versez - y un peu de mercure jusques à la hauteur horizontale D E , afin que l'air enfermé C E ne soit ny moins ny plus dilaté que celui qui est dans l'autre branche : car si le vif-argent étoit un peu plus haut dans une des branches que

dans l'autre, l'air y seroit moins pressé. Il faut que la hauteur EC soit mediocre comme de 12 pouces telle qu'on l'a supposée en cette figure, & l'autre DA tant grande qu'on pourra. Le mercure étant donc de part & d'autre à la même hauteur vers D & E , & n'y ayant plus de communication de l'air EC avec celui de DA , versez par le bout A avec un petit entonnoir de verre, du mercure nouveau, prenant garde de ne point faire entrer d'air dans l'espace CE , vous remarquerez que le mercure montera peu à peu vers C , & condensera l'air qui étoit en CE , & que si $E-F$ est de six pouces, FG étant une ligne horizontale, le mercure sera monté dans l'autre branche jusques en H si ce point est distant de 28 pouces du point G , & que les barometres soient alors à la hauteur de 28 pouces dans le lieu de l'observation; car s'ils n'étoient qu'à 27 & demy, aussi GH ne seroit que de 27 pouces & demy: Or en cet état l'air en FC est pressé par le poids de l'Atmosphère qu'on suppose égal à celui de 28 pouces de mercure, & encore des 28 pouces qui sont en l'espace GH ; & par consequent il est chargé d'un poids double de celui dont est chargé l'air, qui est dans le lieu où se fait l'expérience & qui est semblable à celui qui étoit en EC avant qu'il fût condensé par le poids du mercure GH .

On verra donc manifestement dans cette

expérience que l'air E C aura suivy en sa condensation la proportion des poids : On trouvera la même proportion dans les autres expériences en faisant le calcul en cette sorte ; il faut prendre pour premier terme la somme du poids de l'Atmosphere & du mercure qui sera monté plus haut que le bas de l'air dans la branche E C ; pour second terme , le poids de l'Atmosphere , c'est-à - dire 28 pouces de mercure ; pour troisième , la distance E C ; & le quatrième proportionnel sera l'espace ou hauteur où se reduira l'air enfermé dans le tuyau E C : comme si l'air étoit seulement réduit à l'espace I C de 3 pouces , on trouveroit que le mercure seroit

en l'autre tuyau seulement 14 pouces plus haut que la ligne horizontale I L. Or ces

14 pouces avec les 28 de l'Atmosphère sont 42; il faut donc dire suivant cette règle comme 42 pouces est à 28 pouces, ainsi l'étendue de l'air EC , est à l'étendue IC . Que si on vouloit réduire ce même air en l'espace MC de 3 pouces qui est le quart de EC ; il faudroit mettre 84 pouces de mercure dans la branche DA au dessus de la ligne horizontale MN , & on trouveroit cette proportion par le calcul suivant : comme MC 3 pouces est à ME 9 pouces, ainsi 28 pouces poids de l'Atmosphère, est à 84 ; car en changeant 84 sera à 28 comme 9 à 3, & en composant 84 plus 28, c'est à dire 112 sera à 28 comme 9 plus 3, c'est-à-dire EC 12 à 3, & si l'on veut sçavoir quelle hauteur de tuyau il faudroit pour réduire cet air en l'espace OC d'un pouce, il faut dire, comme OC un pouce, est AOE 11 pouces, ainsi 28 pouces de mercure poids de l'Atmosphère, à 308, & 308 sera la hauteur verticale qu'il faut donner au mercure au dessus du point O ou P par où l'on connoîtra que pour faire cette expérience il faut que la branche DA soit plus haute que 308 pouces, c'est-à-dire qu'il faut qu'elle soit d'environ 320 pouces afin qu'il reste un espace au dessus du mercure pour empêcher qu'il ne verse.

La même chose arrivera si la branche

E C est beaucoup plus large ou beaucoup moindre que la branche

DA : Car si l'on y verse du mercure jusques à ce qu'il monte à la hauteur GF, GH hauteur du mercure dans l'autre branche sera de 28 pouces : car comme le mercure DG fait l'équilibre avec le mercure EF, quoy qu'en beaucoup plus grande quantité, comme il a été prouvé cy-devant à l'égard de l'eau, aussi le ressort de l'air en FC fera équilibre avec le mercure GH, puisqu'il le soutiendrait si GH étoit de même largeur que FC ; & par conséquent il fait autant d'effet que si la branche EC

étoit aussi haute que l'autre, & qu'il y eût du mercure jusques à la même hauteur H : j'en ay fait les experiences suivantes. Ayant fait verser du mercure jusques à L qui étoit le tiers de EC, il s'en trouva 14 pouces moins $\frac{1}{4}$ au dessus de L dans l'autre branche, & il s'y en trou-

va 27 pouces $\frac{1}{2}$ au dessus de G F, quand l'espace E F moitié de E C en fut plein, & y en ayant fait mettre jusques à 44 pouces $\frac{1}{2}$ au dessus de N M ; M C se trouvera de trois parties $\frac{4}{5}$ un peu plus de telles parties que E C en contenoit 10 ; ce qui fait toujours la même proportion ; car les barometres étoient alors à 27 pouces $\frac{1}{2}$: Par de semblables raisons si la branche E C étoit beaucoup plus étroite que l'autre, l'air qui y seroit enfermé, feroit de semblables équilibres par son ressort avec le mercure de l'autre branche. On verra les mêmes proportions lorsque l'air sera plus rarefié que celui du lieu où se fait l'expérience ; ce qu'on éprouvera en cette sorte.

Ayez un barometre A B de telle grandeur que vous voudrez, comme par exemple de 38 pouces, faites y une marque à un point comme Z, à un pouce au dessus du bout ouvert B, afin que ce bout étant plongé dans le mercure du petit vaisseau C D E jusques à cette marque, il reste 37 pouces au dessus. Emplissez le tuyau de mercure & y laissez 9 pouces d'air, afin que quand le tuyau sera renversé comme on le voit en la figure, & soutenu avec le doigt, il y ait 9 pouces d'air au haut du tuyau ; alors si vous trempez le doigt avec le bout du tuyau dans le mercure du petit vaisseau.

& que vous ôtiez ensuite le doigt, le mercure descendra & s'arrêtera après quelques balancemens à 21 pouces, ce qui doit arriver pour conserver la proportion des poids & des condensations expliquées cy-devant; & on peut le prouver en cette sorte.

DEMONSTRATION.

Soit le tuyau AB de 38 pouces, ZB d'un pouce; AH de l'air enfermé au dessus du mercure HB de telle étendue qu'on voudra, soutenu avec le doigt en B; je dis premierement que si on ôte le doigt, le mercure descendra; car d'autant que l'air AH est condensé de la même manière que celui du lieu où se fait l'expérience, il doit faire par son ressort équilibre avec tout le poids de l'Atmosphere, comme il a été éprouvé; & étant joint avec le poids du mercure en ZH, ces deux puissances ensemble surpasseront le poids de l'Atmosphere; & il faudra de nécessité que l'air AH se dilate, & qu'une

partie du mercure descende ; mais il ne descendra pas entierement : car s'il descendoit entierement, l'air AH se dilateroit beaucoup, & en cet état il ne pourroit plus faire équilibre avec le poids de l'Atmosphere : d'où il suit qu'une partie du mercure doit demeurer dans le tuyau. Je dis encore que si AH est de 9 pouces, qu'il se dilatera & repoussera le mercure, en sorte qu'il demeurera élevé de 16 pouces au dessus de la surface superieure du mercure FZG , soit cette élévation ZL . Or alors il y aura équilibre entre le poids de toute la colonne d'air de l'Atmosphere, & le ressort de l'air dilaté AL joint au poids des 16 pouces de mercure ZL ; & parce que le complement de 16 à 28 est 12, l'air dilaté AL fera équilibre par son ressort au poids de 12 pouces de mercure qui restent pour le poids de l'Atmosphere au delà des 16 pouces ; mais comme 28 à 12, ainsi AL de 21 pouces est à 9 ; d'où il suit que le mercure doit demeurer à 16 pouces d'élévation au dessus de la marque Z , lorsqu'on laisse 9 pouces d'air dans le tuyau au dessus du mercure, à cause que l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé. Que si le mercure dans une autre experience se mettoit à 21 pouces, on pourra juger suivant la même Regle, que puisque ces 21 pouces de mercure font

équilibre avec les $\frac{3}{4}$ du poids de l'air, le quart restant qui doit valoir 7 pouces, sera soutenu par le ressort de l'air rarefié qui est renfermé dans le tuyau, selon la distinction de l'équilibre des ressorts : Or 28 pouces de mercure poids entier de l'Atmosphere est à 7 pouces, comme 16 pouces d'air dilaté est à 4 pouces d'air, d'où l'on jugera qu'il faut laisser 4 pouces d'air dans le tuyau au dessus du mercure, afin qu'il se mette à 21 pouces, & que l'air se dilate à 16 pouces. Que si on veut reduire le mercure à 14 pouces qui est la moitié du poids de l'Atmosphere dans le même tuyau au dessus de la marque Z, il faut considerer qu'il restera 23 pouces jusques à A, & que l'air dilaté de 25 pouces doit faire équilibre par son ressort à la moitié restante du poids de l'Atmosphere. Il faudra donc dire, que comme 28 est à 14, supplément de 14 à 28, ainsi 23 d'air dilaté qui remplit le tuyau au dessus des 14 pouces, est à $11\frac{1}{2}$, ce qui fera connoître qu'il faut laisser 11 pouces & demy d'air au dessus du mercure dans le tuyau de 38 pouces avec l'experience, & il paroîtra manifestement que le ressort de l'air enfermé ne faisant alors équilibre qu'avec la moitié du poids de l'air de l'Atmosphere, puisque les 14 pouces de mercure sont équilibre avec le reste, il se fera ra-

reflé en proportion double : & par toutes ces experiences on pourra juger en se servant de la Regle expliquée cy-devant, quelle quantité d'air il faudra laisser dans un tuyau grand ou petit, afin que le mercure s'y mette à telle hauteur qu'on voudra ; car quand le tuyau seroit seulement de six pouces au dessus de la marque Z, on trouvera les mêmes proportions en faisant le calcul de même, comme par exemple si 2 pouces est la hauteur donnée du mercure, & qu'on ait trouvé que comme 28 est à 26 complément de 2 à 28, ainsi 4 espace de l'air dilaté au dessus des deux pouces de mercure est à $3\frac{5}{7}$; 3 pouces $\frac{5}{7}$ fera la quantité d'air qu'il faudra laisser dans le tuyau, afin que le mercure se mette à deux pouces de hauteur dans un tuyau de 7 pouces, plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau.

Que si la quantité de l'air enfermé dans le tuyau étoit donnée, & qu'on voulût sçavoir à quelle hauteur demeurerait le mercure après l'experience on pourra se servir du calcul algebrique, en y appliquant les mêmes regles, comme je l'ay enseigné dans l'Essay de Logique, & dans le Traité de la nature de l'air.

On trouvera de semblables équilibres du ressort de l'air dans les tuyaux pleins d'eau & d'air, en supposant que le plus

grand poids de l'Atmosphère est égal au poids de 31 pieds d'eau; ce qu'on a trouvé par expérience; car le barometre étant à 27 pouces 8 lignes, le barometre d'eau étoit à 31 pieds 1 pouce; & étant à 28 pouces l'autre étoit à 31 pieds 4 pouces: & s'il eût été à 28 pouces 7 lignes, comme il s'y met quelquefois, l'eau auroit été à 32 pieds. Si le tuyau est de 40 pieds, & qu'on veuille reduire l'eau à 16 pieds, il faudra mettre 12 pieds d'air au dessus de l'eau; car l'air se dilatant au double & occupant 24 pieds, il fera équilibre par son ressort avec la moitié du poids de l'Atmosphère, & les 16 pieds d'eau qui restent, feront équilibre avec l'autre moitié. On suppose qu'une petite partie du tuyau étant plongée dans l'eau où on le trempe, pour faire l'expérience de même que celle du mercure, il en reste 40 pieds au dessus.

De là on voit manifestement que si on plonge dans de l'eau fort profonde une bouteille renversée pleine d'air, ayant des poids autour de son goulet suffisants pour la faire aller au fond, lorsqu'on la descendra peu à peu, l'eau y entrera & montera peu à peu dans le goulet; & que quand elle sera descenduë à 32 pieds de profondeur, l'eau qui y entrera, reduira l'air à la moitié de l'étenduë qu'il avoit dans la bouteille avant que de la plonger, ce que

J'ay expliqué plus amplement dans l'Essay de la nature de l'air.

On voit encore l'erreur de ceux qui croyent que dans une pompe on peut faire monter l'eau jusques à 32 pieds en l'attirant avec un piston, puisque selon le jeu du piston on ne peut l'élever qu'à une certaine hauteur déterminée : Car soit par exemple un corps ou tuyau de pompe uniformé de 20 pieds ayant au dessus de 20 pieds un piston de même largeur, & qui ne puisse être élevé & baissé que de l'espace d'un pied ; je dis que s'il y a une soupape au bas de la pompe, & qu'on fasse jouer le piston, l'eau ne pourra pas s'élever jusques à 12 pieds. Car qu'elle soit élevée s'il est possible à 11 pieds, ou qu'on verse sur la soupape de l'eau jusques à 11 pieds de hauteur, & qu'on raccommode le piston, il restera 9 pieds d'air jusques au piston : & cet air qui se rarefiera en élevant le piston d'un pied, ne pourra être rarefié que comme 9 à 10 ; & parce que 21 complément de 11 pieds à 32, qui est le poids de l'Atmosphère, est à 32, comme 9 à 13 $\frac{1}{7}$, il faudroit pour soutenir l'eau à 11 pieds, que le piston s'élevât à 4 pieds $\frac{1}{7}$ pour faire l'équilibre entre le poids de l'Atmosphère, & le ressort diminué de l'air enfermé joint au poids des 11 pieds d'eau, comme il a été expliqué cy-devant : d'où

il s'ensuit que par l'élevation du piston à un pied seulement, la soupape ne s'ouvrira point & l'eau ne montera pas plus haut que les 11 pieds.

Pour donner des regles de ces elevations d'eau dans les pompes, on se servira du calcul algebrique en cette maniere. On appellera A la hauteur où doit monter l'eau dans le tuyau de pompe par le jeu du piston, faisant abstraction du poids de la soupape. Soit le tuyau de pompe au dessus de la surface de l'eau qu'on veut élever de 12 pieds, & supposé qu'on la veuille élever jusques à ces 12 pieds par un seul coup de piston, on fera cette analogie : comme 20 complément de 12 pieds à 32, est à 32, ainsi 12 pieds d'air ordinaire à un 4^e proportionnel, ce 4^e proportionnel sera $19\frac{1}{5}$, ce qui fera voir qu'il faudroit que le tuyau de pompe fût assez grand pour élever le piston jusques à $19\frac{1}{5}$ pieds au dessus de douze pieds pour faire monter l'eau jusques à 12 pieds par un seul coup de piston; mais si le jeu du piston étoit limité à 2 pieds, on dira; comme 32— A est à 32, ainsi 12— A est à 14— A , le 1^{er} terme est le complément de la hauteur inconnue où montera l'eau, à 32 pieds d'eau qui est le poids de l'Atmosphère, le 3^e terme est les 12 pieds moins cette hauteur, & le 4^e est les 2 pieds où le piston

s'élève joint aux 12 pieds moins la même hauteur : Or le produit de $14 - A$ par $32 - A$ est $448 - 46A + AA$, & le produit des deux termes du milieu est $384 - 32A$, l'équation étant réduite il y aura égalité entre AA & $14A - 64$, & parce qu'on ne peut ôter de 49 quarré de 7 moitié des racines, 64, c'est une marque qu'en continuant de pomper on fera monter à plusieurs fois l'eau jusques au piston ; & pour sçavoir combien elle montera au 1^{er} coup, il faut supposer que le piston soit élevé de deux pieds : il y aura donc un tuyau uniforme de 14 pieds. Et suivant ce qui a été dit dans l'Essay de Logique & le Traité de la nature de l'air, on fera ce calcul. L'air enfermé étoit de 12 pieds, 12 pieds $+ A$ est à A , comme 32 à $2 - A$, l'équation étant réduite on trouvera que AA sera égal à $24 - 42A$; & enfin que la valeur de la racine sera un peu moins de $\frac{4}{7}$ laquelle ôtée de 2 restera $1\frac{3}{7}$ un peu plus ; & par conséquent l'eau ne montera par le 1^{er} coup de piston, qu'à un pied $\frac{3}{7}$ un peu plus.

Si on avoit supposé le jeu du piston d'un pied, on sçauroit par le même calcul jusques où l'eau s'élèveroit par le 1^{er} coup de piston ; & si l'on veut sçavoir jusques où elle peut s'élèver après plusieurs coups, il faut dire comme $32 - A$ est à 32, ainsi

douze—A est à 13—A, l'équation étant réduite on trouvera 13 A 32 égal à A A le quarré de $6\frac{1}{2}$ moitié des racines est $42\frac{1}{4}$, dont ôtant 32 reste $10\frac{1}{4}$, dont la racine est 3 & $\frac{5}{24}$ un peu moins, ôtez-la de $6\frac{1}{2}$, reste 3, & $\frac{7}{24}$ ajoutez-la à $6\frac{1}{2}$, ce sera $9\frac{17}{24}$, & ces nombres $3\frac{7}{24}$ & $9\frac{17}{24}$ seroient les 2 racines; ce qui fera voir que jamais l'eau ne peut monter quand le tuyau est vuide, qu'à trois pieds & $\frac{7}{24}$ un peu plus, encore qu'on fasse jouïr le piston tant qu'on voudra; mais que si l'on avoit rempli le tuyau jusques à 9 pieds $\frac{18}{24}$ on acheveroit de faire monter l'eau jusques aux 12 pieds par plusieurs coups de piston.

Supposons maintenant que le tuyau jusques au piston soit de 14 pieds, & que le jeu du piston soit de 2 pieds, 32 —A sera à 32 comme 14—A à 16—A. Pour trouver facilement l'équation, il faut multiplier 32 par deux difference de 14 & de 16: le produit est 64 pour le nombre absolu, & de 16 A sera le nombre des racines, & A A sera égal à 16 A—64; le quarré de la moitié des racines est 64, dont ôtant 64, reste zero, dont la racine est zero, qui ôté & ajouté à 8, fait toujours 8, ce qui marque qu'il n'y a qu'une racine & que l'eau ne peut monter qu'à 8 pieds; mais que si peu qu'on fasse jouïr le piston plus haut que les deux pieds, l'eau montera jusques

à 14 pieds. L'analogie est facile, car le piston étant monté à 2 pieds, le tuyau fera de 16 pieds, & l'eau étant à huit pieds, il restera 6 pieds d'air; mais 32 est à 24 complément de 8 pieds à 32, comme huit pieds d'air dilaté à 6 pieds d'air commun: donc l'eau ne montera pas plus haut que les 8 pieds si le piston ne joue que de 2 pieds.

De là on voit que pour faire monter de l'eau par aspiration à une hauteur considérable comme de 20 pieds, il faut diminuer le tuyau de pompe de largeur & donner un jeu suffisant au piston: car supposé que la surface du piston soit 4 fois plus large que la base du tuyau, un pied d'élevation du piston en vaudra 4 si le piston n'étoit pas plus large: si donc le jeu est d'un pied & demy, ce sera de même que si on l'élevoit à 6 pieds étant de même largeur: Or les 4 termes de l'équation étant de $32 - A$, 32 , $20 - A$, $26 - A$; il y aura 6 fois 32 savoir 192 pour un terme de l'équation & l'autre $26 A$ suivant ce qui vient d'être dit; ce sera donc $A A$ égal à $26 A$ moins 192, le quarré de la moitié des racines est 169 moindre que 192; & par consequent en pompant long-temps, on fera monter l'eau jusques à 20 pieds.

Si dans l'exemple cy-dessus on prend les 8 pieds pour le plus haut terme de l'eau:

quand le tuyau est de 14 pieds & le jeu du piston 2 pieds, il est aisé de prouver que si l'on suppose 9 pieds d'eau sur la souspape, elle achevera de monter par le jeu du piston à 2 pieds ; car il restera 5 pieds d'air. Or il y a moindre raison de 5 à 7 que de 27 complément de 5 à 32, à 32 ; & par conséquent l'eau montera plus haut que les 9 pieds. La proportion sera toujours plus inégale en prenant 10 pieds ou 11 pieds, & si l'on prend 7 pieds au lieu de 8 pieds, l'eau montera encore, car il restera 7 pieds d'air ; or 25 complément de 7 à 32 est à 32 comme 7 à $8\frac{24}{25}$; donc si le piston va jusques à 2 pieds il fera monter l'eau plus haut que les 7 pieds ; elle montera encore plus aisément si on n'en verse que jusques à 6 pieds : Car il y aura 8 pieds d'air : Or 26 complément est à 32 comme 8 à $9\frac{22}{26}$; donc si au lieu de $9\frac{22}{26}$ qui fait l'équilibre, le piston va jusques à 10 pieds, il fera encore mieux monter l'eau que quand elle étoit à 7 pieds, & encore mieux quand elle sera à 5 pieds &c. Si on vouloit sçavoir quel jeu de piston seroit nécessaire pour faire monter l'eau à 30 pieds, il faut prendre un nombre un peu plus grand que la moitié de 30 comme 16 où sera à peu près la plus grande difficulté d'élever l'eau, le complément est 16, le reste de l'air est 14, comme seize à 32,

ainsi 14 à 28 : il faudra donc que le piston s'éleve de 14 pieds, ou que si le tuyau a 2 pouces de diametre, celui du piston soit de 7 pouces $\frac{1}{2}$; car le quarré de $7\frac{1}{2}$ est $56\frac{1}{4}$ qui est un peu plus que 14 fois 4 quarré de 2 pouces, & alors il suffira que le jeu du piston soit d'un pied ; mais comme à 18 pieds l'élevation est encore plus difficile, il faudra 8 pouces de diametre au piston afin que son jeu étant d'un pied, il éleve l'eau plus haut que les 18 pieds. On explique facilement par la même force du ressort de l'air l'experience suivante, qui est assez curieuse :

Ayez un tuyau A G fermé par embas large d'environ 12 ou 15 lignes, mais un peu plus étroit vers A, afin qu'on le puisse fermer exactement avec le pouce ; emplissez-le d'eau & y mettez quelque petite figure de verre ou de cuivre creuse au dedans & percée comme en D d'un petit trou à mettre une épingle afin que l'air & l'eau y puissent entrer, & que sa pesanteur à l'égard de l'eau soit si bien proportionnée, que si on ajoûte un petit poids elle aille au fond, & que si on l'ôte elle nage au dedans comme de la cire. Appliquez le doigt sur le bout ouvert A & le pressez bien fort, la petite figure descendra jusques en B ou plus bas & jusques au fond ; relevez le pouce, elle remontera ; & si

étant remontée comme en E ou C, on remet le pouce elle recommencera à descendre. La cause de ces effets, est que lorsqu'on presse l'eau avec le pouce on presse aussi l'air qui est dans la figure, & on le condense quoy qu'on ne condense pas l'eau, & par conséquent on fait entrer un peu d'eau dans la figure par le petit trou D, ce qui fait que sa pesanteur spécifique est alors plus grande que celle de l'eau, & elle descend : Mais lorsqu'on leve le pouce, l'air enfermé repousse l'eau par ce même trou

par la vertu de son ressort qui est mis en liberté, & reprenant sa dilatation, la figure avec l'eau & l'air enfermé, reprend sa première disposition & remonte. Que si on leve le pouce bien vite, une petite partie de l'air sortira soudainement avec l'eau par le petit trou ; & l'un & l'autre fera par son choq contre l'eau du tuyau, pi-

roïetter la figure. Il arrive quelquefois qu'il sort trop d'air de la figure, & qu'étant au fond elle ne peut remonter quoy qu'on ait levé le pouce, alors il faut plonger le

pouce bien avant dans le tuyau & le retirer en sorte qu'il remplisse le canal exactement, afin qu'il n'y entre point d'air extérieur en la place du pouce ; & il arrivera que l'air de la figure étant alors beaucoup moins pressé se dilate beaucoup plus qu'à l'ordinaire, & fait sortir plus d'eau par la petite figure ; ce qui la rendra plus légère & la fera monter en haut pourvu qu'on tienne toujours le pouce dans le tuyau sans l'ôter entièrement : Quelquefois le poids de la figure & de l'air qui y est enfermé est si bien proportionné à la pesanteur spécifique de l'eau, qu'en mettant le pouce en A, la figure descend comme jusques en F, & en relevant le pouce elle remonte ; mais si on la fait descendre comme jusques en B & qu'on leve le pouce, elle acheve de descendre ; ce qui procède de ce que le poids de l'eau AC ne presse pas assez l'air de la petite figure pour y faire entrer de l'eau suffisante pour la rendre d'une pesanteur spécifique égale à celle de l'eau, & que le poids de l'eau AB presse assez l'air pour cet effet ; ce qui la fait descendre jusques au fond où le poids de l'eau étant encore plus grand, fait condenser l'air de la petite figure plus qu'auparavant, & y fait entrer un peu plus d'eau : d'où il arrive qu'on a plus de peine à la faire remonter. De là on voit l'ex-

reur de ceux qui croient que l'eau & l'air ne pesent rien sur les corps qui sont au dessus, & le jugent ainsi parce que nous ne sentons point le poids de l'air. Mais il faut considerer que nôtre corps est disposé naturellement pour la pression de l'air telle qu'elle est icy-bas ; c'est pourquoy nous n'en souffrons aucune incommodité. Mais si nous étions transportez en un air deux fois plus rarefié, la matiere aërienne qui seroit dans nôtre sang & dans les autres parties de nôtre corps qui sont fort chaudes, se remettrait en air & feroit des boüillonnemens qui enfleroient nôtre corps & nous seroient tres-incommodes. On en voit l'experience quand on enferme un oyseau dans la machine du vuide ; car quand on a reduit l'air à une dilatation double ou triple, de celle qu'il a près de la terre, l'oyseau meurt en peu de temps à-cause que son sang chaud n'étant plus pressé par le ressort ordinaire de l'air, jette quantité de bulles de même que l'eau chaude qu'on y enferme en même temps : Que si au contraire on étoit dans un air qui fût doublement condensé, on en souffroit beaucoup quoy qu'on eût de la peine à ressentir son pressement ; parce que si d'un côté il pressoit la poitrine pour empêcher la respiration, d'autre côté l'air qui y entreroit par la respiration ayant un
ressort

ressort empêcheroit l'action de l'air externe : D'où il s'ensuit que ceux qui vont 7 ou 8 pieds sous l'eau n'en doivent ressentir aucun poids sensible , parce qu'elle les presse également de tous côtez , & que le poids de l'Atmosphere étant égal au poids de 32 pieds d'eau , ces huit pieds ajoûtez n'augmentent la pression que d'environ $\frac{1}{4}$, ce qui ne peut être bien sensible. Quelques-uns objectent contre ces raisonnemens & ces effets du ressort de l'air , que lorsqu'on se sert d'un tuyau percé par les deux bouts pour faire les experiences de l'air enfermé au dessus du mercure , & que quelqu'un ferme le bout supérieur du tuyau avec le doigt pour empêcher la communication de l'air avec celui qui est enfermé , il arrive que lorsqu'on fait l'experience , il semble à celui qui ferme le bout supérieur , que son doigt soit comme sucé & attiré par le mercure qui descend , & même il en reçoit de la douleur comme d'un pincement ; d'où ils concluent que l'air dilaté dans le tuyau ne fait pas effort pour soutenir une partie de l'air de l'Atmosphere , puisqu'il s'appuyeroit contre ce doigt & le pousseroit plutôt que de l'attirer. Pour satisfaire à cette difficulté il faut considerer que lorsqu'on enferme quelques corps comme une pomme ridée dans les machines du vuide , & qu'on a pompé une

O

grande partie de l'air qui y étoit enfermé, ces corps s'enflent & se dilatent, & que si on y avoit enfermé la moitié du doigt par le moyen d'une vessie coupée par les deux bouts ou par quelque autre moyen; cette partie du doigt s'enfleroit extrêmement & on y sentiroit beaucoup de douleur; d'où il suit que la partie du doigt qui ferme le bout supérieur du tuyau du barometre étant contiguë à de l'air beaucoup dilaté, & le reste étant pressé par tout le poids de l'Atmosphere, cette petite partie doit s'enfler & faire une grande convexité vers l'interieur du tuyau, ce qui ne se peut faire sans douleur; & plus l'air sera rarefié dans le tuyau, plus cette enflure & cette douleur sera sensible, & le foible repousse-ment de cet air rarefié ne sera pas suffisant pour empêcher cette enflure du bout du doigt puisque le reste qui est dans l'air libre sera beaucoup plus pressé.

On peut encore objecter que quand'il y a 28 pouces de mercure suspendu dans le tuyau, si on le souleve sans le mettre hors du mercure, le vaisseau en sent un poids égal à celui du mercure enfermé, ce qui ne devroit point être s'il faisoit équilibre avec le poids de l'Atmosphere. On répond à cette difficulté, en disant que l'air supérieur qui est au dessus du tuyau n'a point alors d'autre air qui luy fasse équilibre; car ce-

tuy qui devoit la soutenir au dessous du tuyau soutient le mercure qui y est : donc on doit soutenir tout le poids de l'air supérieur qui pèse 28 pouces de mercure ; & si le tuyau n'étoit que de quatorze pouces & que le mercure y demeurât jusques au haut , alors on ne sentiroit que quatorze pouces de mercure de poids , parce que l'air qui s'appuye sur le mercure du petit vaisseau soutiendrait ces 14 pouces , & feroit encore effort de 14 pouces vers le haut du tuyau interieurement : ainsi il feroit équilibre avec la moitié du poids supérieur de l'air , & la main soutiendrait le reste.

La flâme peut faire aussi équilibre par son ressort avec les autres corps ; mais comme il n'y a que la flâme de la poudre à canon qui puisse souffrir d'être comprimée sans s'éteindre , & que cette flamme dure tres-peu de temps , il est difficile de faire des experiences de son équilibre ; & la force de son ressort est si grande , qu'on n'a pû encore trouver de poids si grand qu'elle ne surmonte , puisqu'elle peut renverser des Bastions entiers & même des Montagnes.

Pour entendre comme se fait un si grand effort , on peut supposer qu'il y ait une certaine quantité de poudre allumée qui remplisse un tuyau assez large situé perpendiculairement & qu'un grand poids dont la largeur occupe & remplit précisé-

ment celle du tuyau en pressant la flamme de cette poudre, la fasse resflerrer jusques à ce qu'étant reduite à un petit espace il se fasse équilibre entre ce poids & le ressort de la flâme, sans qu'elle s'éteigne; ce qu'on peut concevoir se faire pendant l'espace d'une seconde, & en cet état le ressort de cette flâme feroit équilibre avec le poids, en sorte que si le poids étoit augmenté, cette même flâme se reduiroit à un plus petit espace supposé qu'elle ne s'éteignît point; & son ressort qui seroit alors plus fort, feroit encore équilibre avec ce plus grand poids. Or si on conçoit qu'en ce moment il s'allume quelque quantité de nouvelle poudre, le ressort de la flâme sera augmenté, & le poids ne pouvant plus faire équilibre sera poussé en haut, & étant une fois en mouvement la continuation de l'extension du ressort de la flamme qui se développera & s'étendra de plus en plus, accélérera son mouvement de plus en plus, & enfin le poussera jusques bien haut dans l'air.

Cela supposé il est aisé de concevoir que si l'on met 10 ou 12 milliers de poudre dans une mine, & que toute cette poudre étant allumée puisse occuper une espace de 200 pieds de hauteur & de 100 pieds de largeur, il arrivera qu'il s'en allumera au commencement une petite quantité qui ne sera pas suffisante pour enlever tout le

Bastion : Mais parce que cette flâme a la propriété de ne point s'étouffer pour être pressée, il s'en allumera 30 ou 40 fois davantage que ce qu'en pourroit tenir la chambre de la mine si elle étoit découverte ; & alors si son ressort est assez fort, elle commencera à élever la terre qui est au dessus, laquelle étant une fois en mouvement & le reste de la poudre continuant à s'enflâmer & remplissant l'espace que la terre a quitté en commençant à s'élever, en sorte que son ressort soit encore plus fort que le poids de la terre qui est déjà en mouvement ; elle accélérera sa vitesse de plus en plus, & poussera enfin le Bastion en haut & à côté, ou du moins une partie, jusqu'à ce que toute la flâme ait acquis l'étendue qui luy est naturelle dans l'air libre.

Un peu de poudre fait de semblables effets dans les canons ; car elle s'allume successivement, quoy qu'en tres-peu de temps sans pousser le boulet jusques à ce que le ressort de la flâme pressée surmonte la résistance du boulet ; & lorsqu'elle a commencé à l'émouvoir, le reste de la poudre qui s'allume promptement, augmente son ressort & accélère la vitesse du boulet jusques à le pousser à 7 ou 800 toises.

De là on voit qu'un canon de 20 pieds doit porter son boulet plus loing qu'un de 10 pieds parce que la poudre a plus de

temps pour s'allumer & augmenter son ressort pendant que le boulet parcourt ces espaces.

On voit aussi que si un gros de poudre allumée a la force d'ébranler un boulet qui ne soit pas bien joint au canon, il ne sera pas poussé si loin que s'il étoit bien bouré & pressé avec du liege ou autres choses qui l'empêchât d'être mis en mouvement jusques à ce qu'il y eût 2 ou 3 gros de poudre allumée : car en ce dernier cas le commencement de son mouvement seroit plus vite & son accelleration plus grande.

Par la même raison la poudre étant bien fine & facile à être enflâmée poussera le boulet plus loin que si elle est grossiere, parce qu'il s'en allume davantage pendant que le boulet est dans le canon.

TROISIEME DISCOURS.

De l'Equilibre des corps fluides par le choq.

LA flâme peut faire équilibre par son choq avec des poids ; on peut en mesurer la force, si en la faisant sortir par un tuyau assez large on la fait choquer contre les aîles d'une rouë située horizontalement, pourvû que ces aîles soient toutes

flûées obliquement en un même sens comme celles des moulins à vent. On se sert en plusieurs lieux de la flâme qui montre dans les cheminées, pour faire tourner quelques petites machines auprès du feu; plus le feu est grand, plus le mouvement de la flâme est vîte: Mais ce mouvement ne peut être augmenté beaucoup par l'art, & son choq n'a pas beaucoup de force; une fusée-volante s'élève par le choq de sa flâme contre l'air, mais si elle pèse trop elle ne peut s'élever, ainsi on peut mesurer son équilibre. La flâme du tonnerre qui va fort vîte fait des efforts très-considérables: Car elle renverse des Tours & des Rochers, la vitesse de la flâme augmente aussi la force de brûler, comme on le remarque souvent dans les incendies quand le vent est très-grand. On en voit aussi des effets très-sensibles quand les Emaillieurs soufflent le feu de leurs lampes contre du verre ou contre des métaux pour les fondre: Mais parce que la flâme ne se gouverne pas facilement pour demeurer dans une même vitesse ou dans une même largeur, & qu'il coûteroit trop pour l'entretenir, on s'en sert très-rarement dans les machines; c'est pourquoy il n'est point nécessaire d'examiner icy sa force ny de la comparer avec celles des autres corps fluides.

L'air & l'eau sont employez dans les machines pour les faire mouvoir par leur choq. On peut connoître l'équilibre qu'ils font entre-eux & avec les corps fermes qu'ils choquent, par les Regles suivantes.

I. R E G L E.

L Es jets-d'eau ne choquent pas par l'effort de toutes leurs parties comme les corps fermes.

E X P L I C A T I O N.

AB est un jet d'eau sortant du cylindre CD, & EF est un cylindre de bois; il est manifeste que les parties qui composent EF étant liées & unies ensemble, elles font toutes ensemble

leur effort en choquant un corps par l'extrémité F; mais un jet d'eau comme AB étant porté selon la direction A d B, ne peut agir que par ses premières parties: Car l'eau étant fluide & comme composée d'une

d'une infinité de petits corpuscules qui glissent les uns sur les autres ; comme feroient de tres-petits grains de sable ; il n'y a que les premiers vers B, qui puissent faire le premier effort sur les corps qu'ils rencontrent, & ils se réfléchissent ou s'écartent avant que les autres qui sont comme en *d* aient choqué à leur tour. Pour bien entendre cecy, il faut considerer que la vitesse qu'a l'eau à la sortie d'une petite ouverture faite au bas d'un tuyau fort large, est bien differente de la vitesse de celle qui sort par un tuyau d'égale largeur par tout : dautant

qu'en ce dernier cas elle commence à sortir avec une vitesse tres-petite & pareille à celle d'un cylindre de glace qu'on laisseroit tomber : Car soit un tuyau uniformément large AB plein d'eau soutenue en B avec le doigt ; il est évident que la même vitesse que prend l'eau B à la sortie, est égale à celle qui est en A, & que tout le cylindre d'eau tombe tout

d'une piece, comme s'il étoit solide; & par consequent il suit les mêmes regles à l'égard de la vitesse de la chute, qu'un cylindre de glace de même volume; à sçavoir que commençant par une vitesse tres-petite, elle s'augmenteroit en descendant selon les nombres impairs 1. 3. 5. 7. &c. C'est à dire que si en un quart de seconde elle descendoit d'un pied, le quart suivant elle descendroit de trois pieds, dans le troisième de cinq pieds, &c. D'où il s'ensuit que l'eau qui étoit en A étant arrivée en B, sortira bien plus vite que celle qui sort la premiere.

Galilée a parlé bien au long de l'acceleration de la vitesse des corps qui tombent dans l'air libre; voicy comme je la conçois. S'il y a quelque corps tres-leger qui choque un corps 100 fois plus pesant, il luy donnera la 100^e partie de sa vitesse, & le choquant une 2^{eme} fois, il luy en donnera encore une autre 100^e, en sorte que si le corps choquant avoit 101 degrez de vitesse, le corps choqué en prendra un degre au 1^{er} choq, & sa quantité de mouvement sera 100, & étant choqué une seconde fois avec la même vitesse de 101 degrez par le corps leger, il en recevra un nouveau degre de vitesse, lequel joint au premier fera deux degrez: le 3^{eme} choq luy ajoutera encore un degre, & ainsi de suite

re, comme il a été prouvé dans le Traité du choq des corps. La même chose arrivera si quelque puissance foible tire à soy un corps très-pesant, le tirant par reprises. Or soit que les corps soient tirez ou poussez par une matiere fluide tres-legere, il doit arriver que si au premier moment de son effort il passe une ligne par une vitesse uniforme, qu'au 2^{eme} choq & au 2^{eme} moment il en passera 2, au 3^{eme} moment 3 &c.

Or si l'on prend plusieurs nombres de suite, commençant à l'unité, comme 1. 2. 3. 4. &c. jusques à 20, & qu'on compte 20 momens; la somme de cette progression sera 210; & si on compte 40 momens, selon la même progression jusques à 40, la somme de ces derniers nombres sera 820, qui est quadruple à peu près de 210 somme des 20 premiers nombres: mais à l'infiny cette derniere somme sera quadruple de la premiere precisément, parce que la proportion du défaut diminue toujours; ce que Galilée a aussi conclu dans son Traité de l'acceleration du mouvement des corps qui tombent. Mais si le mouvement se fait au travers d'un corps fluide fort pesant, l'acceleration sera bien-tôt arrêtée, & le corps tombant réduit à une vitesse uniforme; comme aussi si c'est un corps fort leger qui tombe par l'air libre, ainsi qu'il a été prouvé dans le Traité de la Percussion.

On peut juger encore de la lenteur de la sortie des premieres gouttes d'eau , lors que les tuyaux sont uniformément larges , par l'experience suivante. Ayez un tuyau recourbé de 2 ou 3 pieds de hauteur com-

me CDG d'égale largeur par tout , versez de l'eau par C jusques à ce qu'elle coule par G , fermez le bout G , & achevez d'emplir le tuyau jusques à C , mettez ensuite l'autre doigt sur ce bout , & ouvrez le bout G , l'eau ne cou-

lera point si le tuyau n'a que 3 ou 4 lignes de largeur ; levez le doigt qui ferme le bout C , & le remettez tres-promptement , l'eau ne jaillira par G qu'à 4 ou 5 lignes de hauteur , au lieu que si le tuyau CD est beaucoup plus large que l'ouverture G , par exemple s'il a 9 lignes de largeur , & l'extrémité 2 ou 3 lignes , & que vous ouvriez & refermiez avec la même promptitude la petite ouverture en G , les gouttes d'eau qui sortiront par G , jailliront jusques à fort près de la hauteur C. Vous connoîtrez

encore la même lenteur de l'eau à sa première sortie du tuyau, comme A B en la figure page 189, & son acceleration, si vous emplissez d'eau ce tuyau, & si la soutenant avec un doigt, vous soutenez aussi une petite pierre avec un autre doigt de la même main: car en tirant la main tout-à-coup vous verrez descendre la pierre & le bas de l'eau avec une même vitesse jusques à 12 ou 15 pieds.

On fait encore une experience fort curieuse pour la preuve de cette regle, en la maniere qui s'ensuit.

Ayez un long tuyau de 8 ou 10 pieds de hauteur comme M N en la figure suivante de la 2^{eme} regle marquée 2, le plus poly & le plus égal en dedans qu'on pourra, plein d'eau, laquelle on soutiendra avec le doigt & on la laissera couler tout-à-coup sur l'extremité de la regle Q R près du point R, laquelle regle servant de balance doit être horizontale & appuyée par l'autre bout sur un soutien comme O V, & le point R doit être éloigné seulement de 5 ou 6 lignes de la baze du tuyau par où l'eau coule; c'est-à-dire une ligne de plus que l'épaisseur du doigt qui soutient l'eau; alors si à l'autre extremité Q il y a un poids Q plus petit d'un quart ou d'un cinquième, que le poids de toute l'eau du cylindre, ce poids Q ne s'élèvera

point au commencement de la chute de l'eau quoy qu'il semble que toute l'eau pese sur R , mais seulement lorsque le tuyau sera presque vuide ; ce qui fait voir que ce sont seulement les premieres parties de l'eau qui font l'impression , & que lorsqu'elles sortent tres-lentement, comme elles sont au commencement de leur chute , elles ne peuvent élever qu'un poids bien moindre que le poids de tout le cylindre : Mais que lorsqu'elles ont acquis une grande vitesse en tombant depuis la hauteur M , celles qui restent , élevent par leur grand choq, ce que les premieres ne pouvoient élever par leur petit choq au commencement de leur chute. Que si on éleve le même tuyau deux ou trois pieds au dessus de R , & qu'on y laisse de l'eau au fond seulement d'un pouce de hauteur , si le tuyau a sept ou huit lignes de largeur ; elle fera moins d'impression en tombant sur R pour élever un poids en Q, qu'une boulette de cire ou de bois moins pesante de la moitié tombant de pareille hauteur ; ce qui fait voir que la boulette fait son impression par toutes ses parties , & l'eau d'un pouce de hauteur seulement par les plus proches de sa premiere surface qui choque la balance , & qui sont un peu aidées par les plus éloignées qui coulent à côté. Car quoy que l'eau n'a-

gisse pas en choquant par toutes les parties, & qu'il soit difficile de déterminer jusques à quelle hauteur de l'eau on les doit prendre ; il est pourtant très-vray semblable que les premières qui tombent, agissent le

plus ; & celles qui sont un peu plus haut jusques à deux ou 3 lignes, un peu moins, & même jusques à 5 ou 6 lignes, comme il arriveroit à 5

ou 6 petits grains de sable contigus, A E F D B tombant sur la regle G H d'une certaine hauteur, n'étant pas tous en la même ligne perpendiculaire, les deux D & B ne laisseroient pas de contribuer un peu au choq du premier, quoy qu'ils ne le fissent pas de tout leur poids & de toute leur vitesse n'étant pas dans la même ligne de direction, les plus hauts A E F y contribuent aussi un peu, & feroient que la regle seroit choquée plus fortement que s'il n'y avoit que les seuls B & D.

Or l'eau étant composée d'une infinité de petits corpuscules contigus beaucoup plus petits que de très petits grains de sable qui roulent & qui glissent fa-

cilement les uns contre les autres, un petit cylindre d'eau comme G H choquera un peu plus fort qu'un moindre L H, puisqu'il y aura plus de petits corpuscules posez directement les uns sur les autres en la hauteur G H, qu'en la moindre L H.

II. R E G L E.

L'Eau qui jaillit au dessous d'un réservoir par quelque ouverture ronde, fait équilibre par son choc avec un poids égal au poids du cylindre d'eau qui a pour base cette ouverture, & pour hauteur celle qui est depuis le centre de l'ouverture jusques à la hauteur de la surface supérieure de l'eau.

On demonstre cette proposition, & en même temps la force du choc de l'air en cette sorte: A B C D est un cylindre creux dont les deux bases A D, B C sont de bois, & le

reste de cuir, soutenu & étendu par plusieurs cerceaux de bois ou de fil de fer

FE, HI, LM, en sorte qu'on puisse faire abaisser la base AD fort près de la base BC qu'on suppose inébranlable; N est une ouverture faite dans la base BC, par où l'air enfermé dans le cylindre peut sortir; ce cylindre est chargé d'un poids P posé sur la surface AD, & l'on ajuste au dessous de ce cylindre une balance comme celle de la figure marquée 2, en-

sorte que la regle QR étant située horizontalement, le point R qui est proche de son extrémité, soit fort près de l'ouverture N, & directement au dessous de son centre: Cela étant, je dis que si l'on met un poids Q sur l'autre extrémité de la balance dont l'essieu CD est supposé tourner facilement sur les points C & D, & que l'air que le poids P en descendant fait sortir avec violence par l'ouverture N, choquant l'extrémité de la balance vers R,

fasse équilibre avec le poids Q supposé également distant de l'essieu CD , ce poids sera au poids P en même raison que la surface de l'ouverture N est à la surface entière de la base BC : Car si par le moyen d'un soufflet dont le tuyau ait son ouverture égale à l'ouverture N , on pousse de l'air contre cette ouverture avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait sortir, il se fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne descendra point parce qu'il ne sortira point d'air par l'ouverture ; & alors l'air poussé par le soufflet remplissant cette ouverture soutiendra sa part du poids P , comme les autres parties de la base BC soutiennent le reste de ce poids, & la partie que l'air poussé soutiendra sera au poids entier P dans la proportion de l'ouverture N à la largeur entière de la base BC ; donc réciproquement l'air sortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le soufflet, fera équilibre par son choq avec un poids qui sera au poids P comme l'ouverture N est à la base BC . Que si l'on ferme l'ouverture N , & qu'on en ouvre une autre de même largeur tout auprès de la base AD comme au point K , l'air en sortira avec la même vitesse que par l'ouverture N , si la base AD est chargée du même poids P , & fera équilibre avec un même poids par son choq.

Que si le cylindre est chargé successivement de divers poids pour faire descendre plus ou moins vite la surface AD , l'air qui sortira par l'ouverture N , fera équilibre par son choq avec des poids qui seront l'un à l'autre en même raison que les poids qui chargent successivement la base AD : La raison est que la proportion du grand poids P au petit qui fait équilibre, est toujours la même que celle de la base BC à l'ouverture N ; d'où il s'ensuit que les petits poids seront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de suite sur la surface AD . Que si l'on emplit d'eau le même cylindre, le jet qui se fera par l'ouverture K par l'effort du poids P , fera le même effet que l'air; c'est-à-dire qu'il fera équilibre par son choq avec un poids qui sera au poids P comme l'ouverture K à toute la base BC ; parce qu'alors le poids de l'eau enfermée ne contribuera rien de sensible à la force du jet, puisqu'elle est presque toute au dessous; & que si un jet d'eau de même largeur & de même vitesse choquoit directement en K celui qui sort par cette ouverture, il l'arrêteroit & feroit équilibre avec lui, & soutiendrait une partie du poids P selon la proportion de l'ouverture K à la surface BC ; d'où il s'ensuit un paradoxe assez surprenant, sçavoir,

que l'air & l'eau qui sortent successive-
ment par la même ouverture K quelque
poids qu'on mette sur la base A D, éle-
vent les mêmes poids par leur choq, quoy
que l'eau soit d'une matiere beaucoup
plus dense & plus pesante que celle de
l'air : Mais il arrive aussi en recompense
que l'air sort beaucoup plus vîte que l'eau ;
car on a trouvé par plusieurs experiences ,
que quand le cylindre est plein d'air , il
se vuide en un temps environ 24 fois moin-
dre que quand il est plein d'eau.

Par exemple , si l'air se vuide en 2 secon-
des , l'eau ne se videra qu'en 48 secondes ;
d'où l'on peut conclure qu'afin qu'un jet
d'air fasse le même effet par son choq
qu'un jet d'eau de pareille largeur , il faut
que sa vitesse soit environ 24 fois plus
grande que celle de l'eau.

Or le même effet doit arriver , si ABCD
est un vaisseau cylindrique plein d'eau ,
& découvert par le haut : Car l'eau qui
doit jaillir par l'ouverture N , étant ar-
rêtée par un autre jet qui la rencontre
directement au point N , ce jet soutien-
dra une partie de l'eau de tout le cylin-
dre ; sçavoir le cylindre qui a pour base
l'ouverture N , & le reste de la base sou-
tiendra le reste de l'eau : Donc ce jet étant
ôté , le jet qui sortira par l'ouverture N ,
fera équilibre par son choq à un poids qui

fera égal au poids de ce petit cylindre qui a pour base l'ouverture N & la hauteur égale à A B, si le cylindre ABCD est tout remply.

III. R E G L E.

L Es jets d'eau égaux en largeur, qui sortent par des petites ouvertures faites au bas de plusieurs tuyaux pleins d'eau de différentes hauteurs, sont équilibre avec des poids qui sont l'un à l'autre en la raison des hauteurs des tuyaux.

EXPLICATION.

S Oit un grand tuyau A B & un plus petit C D, percé aux points E & F d'ouvertures égales, il a été
(Figure de la page 169) montré cy-devant que l'eau jaillissant par l'ouverture E fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau E G, & que le jet qui sort par F fera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau F H : Or ces petits cylindres ayant des bases égales par l'hypothese auront leurs poids en la raison de leurs hauteurs : D'où il s'ensuit que les poids avec lesquels ces jets feront équilibre, seront entr'eux comme les hauteurs A B, C D ; par consequent il est évident que la premiere vitesse d'un jet en sortant doit être telle que la premiere

goutte d'eau qui sort soit disposée à s'élever aussi haut que la surface supérieure de l'eau : Car supposé que l'eau fût dans le large cylindre *A B C D* en *A D*, & qu'il y eût un cylindre de glace de la largeur de l'ouverture *F*, qui n'allât que depuis

F jusques en *G*, & qui fût suspendu depuis ce point directement sur l'ouverture *F* à une demy ligne ou environ de distance, & qu'on laissât aller l'eau tout-à-coup, elle feroit monter plus haut par son choc le cylindre *F G*, puisqu'elle peut faire équilibre avec un cylindre de même largeur & de la hauteur *F E* : Donc si l'eau ne jaillissoit que jusques en *G* depuis le point *F*, elle ne pourroit demeurer à cette élévation, puisque la force de l'eau suivante la pousseroit plus haut, si elle étoit

fermé comme un cylindre de glace ; d'où l'on peut juger que la premiere goutte s'éleveroit jusques à A E sans la resistance de l'air & quelques autres empêchemens , joint à cela que l'eau qui sort par F , se porte en haut pour faire l'équilibre avec l'eau A D , la premiere goutte qui s'élève doit avoir la force de monter jusques à la hauteur de l'eau superieure du reservoir , si on fait abstraction de la resistance de l'air : comme on l'a expliqué dans le 1^{er} discours , où l'on a fait voir qu'en s'élevant à l'équilibre, elle jaillit même plus haut que l'eau superieure par la vitesse acquise par le grand mouvement que le jet prend pour s'élever à la hauteur de l'eau superieure.

Ayant remply d'eau le reservoir ABCD de 16 pouces de hauteur au dessus de l'ouverture du jet en F jusques à ce qu'elle passât par dessus les bords environ d'une ligne : Car comme il a été dit , elle ne coule point par dessus les bords qu'elle ne soit environ à une ligne & demie ou deux lignes au dessus , particulièrement si les bords du reservoir sont frottez de graisse , on a mis par dessus une regle O L en situation horizontale , qui étoit par consequent environ une ligne plus basse que la surface superieure de l'eau ; & l'on a remarqué que laissant jaillir l'eau un peu obliquement par l'ouverture F , & entretenant

le tuyau A B C D toujours plein à une ligne au dessus du bas de la regle , le haut du jet alloit jusqu'à la regle , ce qu'on connoissoit par un peu d'eau qui s'y attachoit , qui auroit eu encore assez de force pour s'élever un peu plus haut comme d'un quart de ligne : Mais lorsque l'eau n'étoit qu'à fleur du reservoir & ne passoit point les bords , il ne s'attachoit point d'eau à la regle , parce que l'air résistoit un peu à la force du jet.

Que si le tuyau étoit de deux pieds de hauteur, il s'en falloit un peu moins de deux lignes que le jet n'allât jusques à la regle : Mais lorsque le reservoir étoit de moindre hauteur comme de 7 ou 8 pouces & que les ouvertures étoient de 3 ou 4 lignes de diametre , les jets s'élevoient toujours sensiblement aussi haut que la surface de l'eau , patce que le peu d'air qu'ils avoient à passer ne pouvoit diminuer sensiblement leur force.

Or par la doctrine de Galilée une goutte d'eau qui s'est élevée à une hauteur de 2 ou 3 pieds , lorsqu'en retombant elle est parvenue au même point d'où elle avoit commecé à s'élever , elle doit reprendre à ce point la même vitesse qui l'avoit fait élever ; d'où il s'ensuit qu'on peut prendre pour une regle ou loy de la nature , que l'eau qui jaillit au bas d'un reservoir

servoir par une petite ouverture, a la même vitesse qu'une grosse goutte d'eau auroit acquise en tombant depuis la hauteur de la surface de l'eau du reservoir jusques à l'ouverture de l'ajustoir, faisant abstraction de la resistance de l'air.

C O N S E Q U E N C E.

IL s'ensuit que les vitesses de l'eau qui sort au dessous des reservoirs qui sont de hauteurs inégales, sont l'une à l'autre en la raison soudoublée de ces hauteurs; car puisque la vitesse de chaque jet les doit faire élever à la hauteur de leur reservoir, & que parce que Galilée a démontré, les corps qui se meuvent avec des vitesses différentes, s'élevent à des hauteurs qui sont l'une à l'autre en raison doublée de ces vitesses; il s'ensuit que les vitesses sont l'une à l'autre en la raison soudoublée des hauteurs.

I V. R E G L E.

LEs jets d'eau d'égale largeur qui ont des vitesses inégales, soutiennent par leur choq des poids qui sont l'un à l'autre en raison doublée de ces vitesses,

E X P L I C A T I O N.

DAutant que l'eau peut être considérée comme composée d'une infinité de petites parcelles imperceptibles, il

Q

doit arriver que lorsqu'elles vont deux fois plus vite, il y en a deux fois autant qui choquent en même temps, & par

cette raison le jet qui va deux fois plus vite qu'un autre, fait deux fois autant d'effort

par la seule quantité des petits corps qui choquent; & parce qu'il va deux fois plus vite, il fait encore deux fois autant d'effort par son mouvement; & par conséquent les deux efforts ensemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions. On prouve encore cette règle en cette manière: A B est un cylindre quatre fois plus haut que le cylindre C D, l'ouverture E est égale à l'ouverture F, les deux cylindres sont pleins d'eau: Or d'autant que le jet sortant par E doit soutenir un poids égal au poids du petit cylindre d'eau G E, & que le jet par F doit soutenir un poids égal au poids du petit cylindre H F, & que le petit cylindre G E est quadruple du petit cylindre H F; il s'ensuit que les poids élevez seront comme 4 à 1; mais par la conséquence de la règle précédente, la vitesse du jet par F est à celle du jet par E en raison soudoublée de la hauteur F H à la hauteur E G, & par conséquent elle sera comme 1 à 2. Donc une vitesse double d'un jet de même largeur

soûtiendra un poids quadruple , & ainsi à l'égard des autres proportions ; de là il s'en suit qu'un jet d'air qui va 24 fois plus vite qu'un autre soûtiendra un poids 576 fois plus grand , puisque 576 est le quarré de 24 ; & parce qu'un jet d'eau qui va 24 fois moins vite , soûtient le même poids , on peut juger que l'air est 576 fois plus rarefié que l'eau , puisqu'allant avec même vitesse , le jet d'eau soûtient un poids 576 fois plus grand.

On peut connoître par experience la force du choq de l'air avec la machine suivante , aussi bien qu'avec celle de la 2^{eme} re-

gle. ABCD est un vaisseau cylindrique de fer blanc , bien soudé ouvert en CD ;

Q.ij

& renversé dans un autre cylindre EFGH, au fond duquel il y a un petit tuyau bien soudé L I qui entre dans le cylindre renversé & passe un peu au dessus de l'eau N K qui est dans le cylindre E H. On charge successivement de plusieurs poids differens la base superieure A B pour faire descendre ce cylindre, & en même temps faire sortir l'air avec violence par le tuyau I L, au bas duquel on ajuste une balance comme celle de la figure cy-dessus marquée 2, chargée à un des bords de differens poids pour éprouver la force du choq de cet air. Les experiences se trouveront conformes à la demonstration cy-dessus, sçavoir que si l'on souffle de l'air avec un soufflet dans le tuyau L I, de telle force qu'il empêche le poids M, & le cylindre A D de descendre, alors cet air poussé fait le même effet que si on mettoit le ponce au point L pour empêcher l'air de sortir; & comme en cet état le ponce porteroit sa part du poids M joint à celui du cylindre A D, & le reste seroit soutenu par le reste de la base G H, & que cette partie seroit à tout le poids soutenu en la raison de la base G H à la hauteur de C D, à l'ouverture L; en sorte que si tout le poids étoit de cent livres, & que la base G H fût 100 fois plus grande que l'ouverture L l'air soufflé dans le tuyau soutiendrait la 100^{eme} partie de tout

le poids : Donc reciproquement si on ôtoit le soufflet, l'air qui sortira avec la même vitesse que le vent du soufflet qui l'empêchoit de sortir, fera équilibre avec un poids égal à cette 100 partie.

Il suit de ces raisonnemens, que si deux cylindres pleins d'air de même hauteur ayant leurs bases inégales, sont chargez par des poids égaux étant disposez comme le cylindre A B C D & ayant les ouvertures égales par où l'air doit sortir, les poids que l'air sortant élèvera, seront l'un à l'autre en raison reciproque de leurs bases ; car soient ces deux cylindres A B C D, a b c d, mis

chacun dans un autre cylindre plein d'eau ; comme il a été expliqué dans la figure

precedente, & soient égaux les deux poids M & m posez sur les cylindres inégaux, & les poids élevez soient P & p sçavoir P par M & p par m , dautant que la base GH est à l'ouverture L comme le poids M au poids P élevé par l'air qui sort par L , & que l'ouverture l égale à L est à la base hg comme le poids p élevé par l'air qui sort par l au poids M ou m ; en raison égale la proportion étant troublée, la base GH fera à la base hg comme le poids p au poids P . Que si les poids qui chargent les cylindres, sont proportionnez à leurs bases, ils eleveront des poids égaux par le choq de l'air qu'ils feront sortir par des ouvertures égales, comme si la base GH est 24 & la base gh 12, & que le poids M soit 12 livres & le poids m 6 livres, l'ouverture L étant 4, de même que l , les poids P & p seront chacun de 2 livres dont la preuve est facile.

CONSEQUENCE.

De la premiere démonstration.

IL s'ensuit que le temps de l'écoulement de l'air du grand cylindre sera au temps de l'écoulement de l'air du petit cylindre, lorsqu'ils seront chargez de poids égaux en la raison composée de celle de

La base GH à celle de la base gh , & de la soudoublée de la même base GH à la même base gh , car si les vitesses étoient égales, ces temps seroient entr'eux comme les bases : Mais les poids élevez étant en la raison reciproque des bases, & les vitesses étant par la troisième regle en la raison soudoublée des poids élevez, les vitesses seront reciproquement en raison soudoublée des bases, c'est-à-dire que la vitesse par I sera à la vitesse par L en raison soudoublée de la base GH à la base gh ; & par consequent le temps de l'écoulement de l'air du grand cylindre sera au temps de l'écoulement de l'air du petit cylindre en la raison composée de celle de la base GH à la base gh , & de la soudoublée des mêmes bases l'une à l'autre; ce qui s'est trouvé conforme à l'experience : Car un cylindre de 8 pouces 7 lignes de diametre de base, & un autre de 5 pouces 6 lignes étant chargez chacun de 44 onces, le grand s'est vuider en 47 demies secondes, & le petit en 12 : Or les bases GH & gh sont entr'elles comme les quarez de leurs diametres GH & gh ; & 74 pouces, qui est à peu près le quarré de GH de 8 pouces 7 lignes, est à 30, qui est à peu près le quarré de gh de 5 pouces 6 lignes, comme 47 à 19 à peu près; & comme 74 à 47 moyenne pro-

portionnelle entre 74 & 30 ainsi 19 à 12 ; d'où l'on voit que 47 est à 12 en la raison composée de celle de la base GH à celle de la base gh , & de la raison fondoulée de la même base GH à la même base gh .

V. R E G L E.

L Es jets d'eau de même vitesse & de différentes ouvertures soutiennent des poids par leur choq qui sont l'un à l'autre en raison doublée des diamètres des ouvertures.

Soient deux surfaces AB , CD percées de

deux ouvertures E & F , & que les deux jets d'eau EN , FM passent par ces ouvertures ; il est évident que la surface de l'ouverture E est à la surface de l'ouverture F en raison doublée du diamètre GH au diamètre KL , & les vitesses étant supposées égales, si le diamètre GH est double du diamètre KL , il y aura 4 fois au-

tant.

tant de petits corpuscules d'eau pour choquer, dans la base GH que dans la base KL; ils feront donc un effet quadruple, & si les surfaces des jets sont reciproques aux hauteurs des reservoirs, ils feront équilibre avec des points égaux.

Pour sçavoir la force des eaux coulantes lorsqu'elles choquent des aîles de moulin ou de quelque autre machine, il faut sçavoir leur vitesse & la comparer à celle des eaux qui jaillissent au bas d'un reservoir. Il est encore necessaire de sçavoir la pesanteur spécifique de l'eau, à l'égard des autres corps; voicy les observations que j'en ay faites.

On a fait faire un vaisseau de cuivre quarré en tous sens d'un demy pied de hauteur & de largeur dans œuvre, lequel par consequent contenoit la 8^{me} partie d'un pied cube; on le mit dans le bassin d'une balance, & de l'autre côté son poids au juste, on l'emplit d'eau ensuite avec un tres-grand soin, par une petite ouverture faite vers un angle de la platine de dessus: On a trouvé par plusieurs experiences que cette eau pesoit 8 livres $\frac{3}{4}$, & par consequent que le pied cube d'eau devoit peser 70 livres; le muid de Paris contient 8 pieds cubes, en chaque pied cube 36 pintes quand elles sont mesurées au juste & que l'eau ne passe pas les bords,

mais quand elle passe les bords le plus qu'il se peut sans verser, il ne contient que 35 pintes; chacune de ces dernières pintes pèse 2 livres, & les autres 2 livres moins 7 gros: Le muid de Paris contient 288 pintes de ces dernières, & 280 des autres. De là on connoît qu'un cylindre d'eau dont la base a un pied de diamètre & un pied de hauteur, ne pèse que 55 livres, parce que la proportion du cercle au quarré qui luy est circonscrit, est à peu près comme 11 à 14: Or comme 14 à 11, ainsi 70 livres sont à 55 livres; de là on sçait qu'un cylindre d'un pied de hauteur & d'un pouce de base pèse 6 onces un gros à fort peu près; car la 144^{me} partie de 55 livres est 6 onces & $\frac{1}{9}$, & un gros est $\frac{1}{8}$; surquoy on a fait les expériences suivantes.

Ayant attaché un petit batteau à un autre fort grand qui étoit immobile dans le milieu du cours de la rivière où elle étoit fort rapide, on mesuroit le long du petit batteau une distance de 15 pieds selon sa longueur, on jettoit en suite un petit morceau de bois, ou quelque brin d'herbe à deux ou trois pieds du petit batteau, vis-à-vis l'endroit où étoit la 1^{re} marque des 15 pieds, & l'on comptoit par les battemens d'une pendule à demi-secondes, en combien de temps il passoit jusques à l'autre marque, si c'étoit en dix demi-

Secondes on concluoit qu'en cet endroit l'eau de la riviere alloit d'une vitesse à faire 3 pieds en une seconde. En suite on se servit d'un tourniquet où il y avoit deux regles qui traversoient l'essieu, en sorte que les plans où elles étoient se coupoient à angles droits. On avoit élevé vers l'extrémité de l'une de ces regles un petit ais quarré de six pouces de largeur fort delié qu'on faisoit tremper perpendiculairement dans l'eau courante jusques à ce qu'elle passât 2 ou 3 pouces au dessus, & en même temps on mettoit à l'extrémité de l'autre regle qui étoit en une situation horizontale, un poids à pareille distance de l'essieu que le milieu de l'ais, & on l'augmentoit ou diminuoit jusques à ce qu'il fît équilibre avec le choq de l'eau contre le petit ais c. palette. On fit plusieurs de ces experiences à l'endroit où l'eau étoit la plus rapide, & en d'autres endroits où elle alloit moins vite, & l'on trouvoit toujours à fort peu près les mêmes proportions correspondantes à la force de l'eau qui sort du bas d'un tuyau de 12 pieds de hauteur : Voicy la maniere d'en faire le calcul.

Ayant trouvé que l'eau la plus rapide faisoit 3 pieds $\frac{1}{4}$ en une seconde, & qu'elle soustenoit alors par le choq de la palette 3 livres $\frac{3}{4}$, on disoit, le jet du bas d'un

reservoir qui a 12 pieds de hauteur, a une vitesse à sa sortie pour faire 24 pieds en une seconde selon la doctrine de Galilée, & qui a été expliquée cy-devant ; cette vitesse est donc environ 7 fois $\frac{1}{2}$ plus grande que celle de la riviere ; le quarré de $7\frac{1}{2}$ est $56\frac{1}{4}$, & par consequent si ce jet est de même largeur que la palette il doit soutenir un poids environ 56 fois plus grand : Or 12 pieds cubes d'eau pèsent 840 livres, dont le quart est 210 livres qu'on prend à cause que la palette n'est que d'un demy pied, & qu'une colonne d'eau dont la base a un demy pied quarré & 12 pieds de hauteur, pese 210 livres ; & si l'on divise 210 par 56, le quotient sera environ 3 livres $\frac{3}{4}$ qui est le poids qui a été trouvé dans l'expérience.

J'ay trouvé de même la force de l'eau coulante dans plusieurs autres endroits de la riviere, & même dans l'aqueduc d'Arcueil. Je fis une expérience au bord de la riviere où l'eau courante faisoit un pied & $\frac{1}{4}$ en une seconde, & elle faisoit équilibre avec 9 onces de poids, pour la comparer à la vitesse de 3 pieds $\frac{1}{4}$ il faut prendre le quarré de $1\frac{1}{4}$ qui est $\frac{15}{16}$ contenu environ 6 fois $\frac{3}{4}$ dans le quarré de $3\frac{1}{4}$ qui est $10\frac{9}{16}$; car le produit de $6\frac{3}{4}$ par $\frac{15}{16}$ est 9 & $\frac{90}{16}$ qui valent un peu plus de 60 onces qui font 3 livres $\frac{3}{4}$.

Les roues des moulins qui sont sur la Seine à Paris entre le Pont-Neuf & le Pont-au-Change n'ont à leurs extrémités que la moitié de la vitesse de l'eau courante qui les choquent, ce qui revient à la même chose que lorsqu'un poids en mouvement en rencontre un autre immobile de même pesanteur & qu'il s'y attache; car étant joints ensemble, ils n'ont incontinent après le choc que la moitié de la vitesse de celui qui a choqué, & ain^{si} on peut supposer que la résistance du frottement de l'efflu de la rouë, de celui de la meule & du grain qu'elle brise, joint au poids de la rouë & de ses pallettes, vaut autant à peu près que la résistance d'un poids égal à celui de l'eau qui choque, & par conséquent elles doivent retarder de moitié à peu près la vitesse de l'eau qui les choque; on remarque la même proportion dans la rouë de la pompe de la Samaritaine.

Il faut icy considérer que l'eau d'une rivière ne va pas également vite à sa surface, & dans les autres parties; car l'eau proche du fond est beaucoup retardée par la rencontre des pierres, des herbes & des autres inégalitez.

Voicy les expériences que j'ay faites de ces vitesses différentes.

J'ay mis dans une petite rivière coulan-

re uniformement des boules de cire attachées à un fil d'un pied de longueur, l'une étoit chargée de petites pierres dans le milieu pour rendre sa pesanteur spécifique un peu plus grande que celle de l'eau, en sorte que quand les 2 boules étoient dans l'eau, la plus pesante faisoit bander le fil & enfoncer la plus legere plus qu'elle n'auroit fait toute seule, & par ce moyen sa partie superieure étoit presque à fleur d'eau afin que le vent n'eût point de prise sur elle. J'ay toujours remarqué que la boule d'embas demeuroid en arriere principalement aux endroits où il y avoit quelques herbes au fond de l'eau près desquelles la boule inferieure passoit ; car cette riviere n'avoit qu'environ 3 pieds de profondeur : Mais lorsqu'on mettoit ces mêmes boules en un endroit où l'eau rencontrant quelque obstacle s'élevoit un peu, & en suite prenoit un cours plus rapide, comme on le remarque sous les Ponts, la boule inferieure devançoit la superieure, ce qui faisoit voir que l'eau du milieu alloit alors plus vîte que celle de la surface ; & cela procedé de ce que l'eau s'élevant un peu plus haut par l'obstacle, elle acquiert une plus grande vitesse en coulant par une pente plus roide, & ce mouvement violent fait qu'elle se plonge & passe au dessous de celle de la surface ; comme si

A B C D est le cours de l'eau superieure ,
& que par un obstacle vers B elle s'éle-
ve jusques à la ligne ponctuée E F elle cou-

lera plus vite par la pente roide E F , C ,
& par la vitesse qu'elle aura acquise en
C , elle continuera sa direction au dessous
de C D , comme en G H , & par conse-
quent elle ira plus vite en G & H qu'en
I & D , & c'est de là que procede que dans
les mediocres rivières il y a toujours de
grandes fosses un peu au dessous des
Ponts ; on en voit l'experience en tous
les Ponts de la chaussée de Nogent sur Sei-
ne : Car l'eau qui s'est élevée par la rencon-
tre des piles du Pont prend une plus gran-
de vitesse & passe avec violence au dessous
de la superieure jusques au fond où elle
emporte le sable & l'entraine un peu plus
bas où il s'amasse : Mais lorsque l'eau
est en son lit & en sa course ordinaire &
mediocre , la superieure doit aller plus
vite que celle qui est un pied au dessous :
car soit A B une ligne horizontale &
C B la pente du fond de la riviere , D E

L'eau qui est à un demy pied de la supérieure F G, l'une & l'autre parallele à C B : Or parce que l'eau est visqueuse & que ses parties contiguës sont un peu liées ensemble l'eau D E emportera celle qui est immédiatement au dessus avec sa même vitesse à fort peu près ; & en suite celle qui

est en F G, qui se mouvant aussi d'elle-même à cause de sa pente, va un peu plus vite que l'eau D E, ce qu'on pourra mieux comprendre si l'on suppose que F L soit un ais nageant sur l'eau, & dont le dessus soit en une pente parallele à C B, ayant une balle fort ronde au dessus ; car cet ais emporté par l'eau, emporterait la balle, qui rouleroit d'elle-même le long de l'ais jusques en G, & par conséquent sa vitesse seroit plus grande que celle de l'ais.

J'ay encore remarqué souvent des herbes que l'eau emmenoit, & je voyois manifestement que celles qui étant entre deux eaux près du fond plus avancées que

celles qui étoient près de la surface , étoient bien-tôt passées & laissées en arrière par les supérieures ; & si je jettois dans le même courant une poignée de grosses scieures de bois qui alloient au fond plutôt les unes que les autres , je voyois toujours les supérieures précéder les autres par ordre à proportion qu'elles étoient plus ou moins éloignées du fond ; de quelles expériences il paroît que dans les rivières qui coulent librement , l'eau supérieure va plus vite que celle du milieu , & celle du milieu plus vite que celle qui est proche du fond , & que dans celles qui sont contraintes de passer en un lieu étroit , étant retenues des deux côtez ; celle du milieu va plus vite que celle de la surface s'il n'y a que trois ou quatre pieds de profondeur.

Voicy comme on peut calculer la force des rouës des moulins de la Seine.

Je suppose qu'il y a deux rouës à un seul essieu qu'elles ont 5 pieds de demy-diametre , & que les ais qu'on appelle des aubes qui servent de palletes , ont deux pieds de hauteur dans l'eau & 5 pieds de longueur : Je suppose aussi que la vitesse de l'eau qui choque les palletes , est de 4 pieds par seconde , ce qui est assez ordinaire : Car elle s'élève un peu par la rencontre du bateau qui porte le moulin ,

& par conséquent elle va vis-à-vis du milieu du bateau plus vite que si elle n'avoit pas été arrêtée : Or comme il a été dit cy-devant , un reservoir de 12 pieds de hauteur faisant jaillir au dessous de 12 pieds un jet quarré de demy-pied de largeur , peut soutenir 210 livres ; sa vitesse qui est de 24 pieds par seconde est 6 fois plus grande que celle qui choque les rouës du moulin : Donc cette eau qui choque une palette de demy-pied ne doit soutenir que la 36^{me} partie de 210 livres , par la 1^{re} regle ; donc elle soutiendra 5 livres $\frac{5}{6}$. Le pied quarré soutiendra le quadruple , sçavoir 23 livres $\frac{1}{3}$ & parce que les pallettes d'une rouë ont 10 pieds superficiels , elles supporteront 233 livres $\frac{1}{3}$, l'autre rouë aura la même force : donc les deux soutiendront 466 livres $\frac{2}{3}$ mises en une regle horizontale à la même distance de l'axe , que le milieu des pallettes à 4 pieds.

La force du choc du vent contre les aîles d'un moulin à vent se trouve en cette sorte.

Ayez un tourniquet cylindrique semblable à celui dont il est parlé dans les experiences precedentes ; A B dans cette figure represente son axe , G H est une regle horizontale qui traverse l'axe du cylindre à angles droits , I L est une autre re-

gle posée perpendiculairement sur GH , MNO est encore une regle perpendiculaire posée obliquement sous un angle de 45 degrez, à l'égard de la regle GR : or si l'on suppose un jet d'eau qui choque directement la

regle IL vers le point Q , & qui fasse tourner le cylindre selon l'ordre des lettres $abcd$, il agira de toute sa force pour soutenir le poids R : Mais si un autre jet d'eau égal choque directement la regle MO au point S , que l'on suppose autant éloigné de l'axe que le point Q , il ne pourra soutenir le poids R , parce que sa direction ne sera pas parallele à la direction de l'extrémité de la regle IL , & il

ne pourra soutenir qu'un poids qui fera au poids R, comme le côté d'un quarré à sa diagonale, & si le même jet est parallele à l'axe AB & qu'il choque au même point S, il faudra encore diminuer le poids R dans la même proportion pour faire l'équilibre, parce que ce jet choquera obliquement cette regle sous un angle de 45 degrez, & alors le poids R n'aura plus que la moitié de son poids : car si ABCD est un quarré, la 1^{re} raison sera comme de AC à AB, & la seconde

comme de AB à AE moitié de AC, comme il a été expliqué plus au long dans le traité de la Percussion, à la fin de la 13^e proposition de la 2^{me} partie. Or le vent qui choque les aî-

les d'un moulin à vent, les choque obliquement, & s'il rencontroit chaque aîle sous un angle de 45 degrez, il ne luy resteroit de la force que selon la proportion de la diagonale d'un quarré à son côté par cette seule cause : Mais si cette aîle qui est oblique à l'axe l'étoit selon le même angle ; cette seconde cause diminueroit encore la force du vent selon la même proportion,

comme il a été dit du jet d'eau, & la diminution totale par ces deux causes seroit de la moitié de la force du vent quand il choque directement cette regle, comme I L disposée à se mouvoir au commencement selon sa direction, de maniere que si sa force totale étoit 80 elle seroit reduite à 40 par ces deux causes. Mais à cause que l'aîle dont l'obliquité est de 45 degrez reçoit une

(Figure de la page 223.)) moindre largeur de vent que quand elle est opposée directement, il reçoit encore une 3^{me} diminution selon la même raison de A C à A B, & la diminution totale sera comme A C à E F, ou à peu près comme 80 à $28 \frac{1}{4}$. Que si l'obliquité de l'aîle est N O & que l'angle de A B & N O soit de 60 degrez, alors la 1^{re} cause seule diminuera de moitié la force du vent & la reduira de 80 à 40 & les deux autres ensemble la reduiront de 40 à 31 à peu près; d'où l'on jugera qu'il vaut mieux que les aîles des moulins à vent aient cette obliquité, que celle de 45.

Pour sçavoir la force d'un vent qui choqueroit directement la voile d'un Vaisseau, il faut sçavoir la vitesse du vent: On la trouve en luy laissant emporter une plume tres-legere de duver depuis un endroit stable, & comptant le temps qu'elle met à

parcourir un certain espace comme de 30 ou de 40 pieds. Or supposant que le vent fasse 24 pieds en une seconde, comme il fait quand il est assez violent à l'ordinaire mais pourtant bien moins que dans les grandes tempêtes & hougans, il ira aussi vite qu'un jet d'eau qui sort d'une ouverture à 12 pieds au dessous d'un reservoir ; & parce que le vent doit aller 24 fois plus vite que l'eau pour faire le même effet, il ne fera pas plus que l'eau de pareille largeur qui ne fait qu'un pied en une seconde, ou que le jet qui en fait 24, si la largeur du vent est 24 fois plus grande en diametre, ou 576 fois en surface. Or un jet d'eau de demy pied en quarré venant d'un reservoir de 12 pieds de hauteur, peut soutenir comme il a été dit cy-devant, un poids égal au poids d'une colonne quarrée d'eau qui a pour base un quarré d'un demy pied, & pour hauteur 12 pieds ; & d'autant qu'un demy pied cube pèse 8 livres $\frac{3}{4}$ si on double cette hauteur ce sera 17 livres $\frac{1}{2}$ pour une colonne quarrée d'un pied de hauteur & d'un demy pied de largeur, & si elle est de 11 pieds de hauteur, ce sera 210 livres qui seront soutenues par un jet d'un demy pied en quarré : Afin donc que le vent qui va aussi vite, soutienne le même poids de 210 livres, il faut que la voile :

qu'il choque soit 24 fois plus large & plus longue qu'un demy pied, c'est-à-dire qu'il faut qu'elle ait 12 pieds tant de largeur que de longueur, ou 6 pieds de largeur & 24 pieds de hauteur, & alors le vent qui fera 24 pieds en une seconde, soutiendra 210 livres posées sur une regle horizontale attachée au même axe que la voile quarrée de 12 pieds, dans la même distance de l'axe, que le milieu de la longueur de la voile qui doit être en une situation perpendiculaire : Mais si le vent ne fait que 12 pieds en une seconde, il ne supportera que 52 livres $\frac{1}{2}$ qui est le quart de 210 livres.

Si l'on en veut faire l'expérience en petit, il faut se servir du tourniquet de la page 223 ; & prendre une voile d'un pied de largeur & de hauteur, qui ayant sa surface d'un pied ne supportera que la 144^{me} partie de 52 livres $\frac{1}{2}$ sçavoir 5 onces $\frac{5}{8}$, si ce poids est à la même distance de l'axe que le milieu de cette petite voile, mais il faudra choisir le vent qui pourra faire 12 pieds par seconde.

Par cette maniere on calculera aisément les différentes forces des eaux & des vents par leur choq.

Pour comparer la force des moulins à vent à celle des moulins de la Seine dont j'ay parlé, je suppose que chacune des 4 aîles

ait 30 pieds de hauteur & 6 pieds de largeur, ce font 180 pieds; si le vent ne fait que 12 pieds en une seconde il soutient 5 onces $\frac{8}{9}$, de livre en choquant une aîle d'un pied de surface, s'il en choque une de 180 pieds en surface, il soutiendra 66 livres à peu près: Mais il en faut ôter les $\frac{5}{8}$ à cause de la triple obliquité du choq, comme il a été prouvé; si l'obliquité est de 30 degrez, il restera donc 29 livres, & les 4 aîles soutiendront 100 livres; mais la distance de l'essieu au milieu de l'aîle est de 20 pieds, & celle du milieu des pallettes jusques à leur axe n'est que de 4 pieds: Donc par cette cause les moulins à vent augmenteront leur force du quintuple, & si la rouë dentée de chacun est de 2 pieds de diametre, la force du moulin à vent sera de 10 fois 100 & celle des moulins à eau de 2 fois 466 livres, quand le vent fait 12 pieds par seconde; & le courant de l'eau 4 pieds; on fera de semblables calculs pour les moindres ou plus grandes vitesses d'eau & de vents & pour les plus grandes ou moindres aîles.

Quelques-uns ont entrepris de faire des moulins horizontaux qui tournassent à tous vents; j'en ay veu de trois sortes.

Les premiers avoient leurs aîles concaves & convexes selon un angle de 45 degrez comme on le voit en la figure, A B

est

est le haut du concave, & CD le haut du convexe, le vent soufflant contre les deux n'agira pas de même; car il glissera de part & d'autre depuis l'arête CD, le long des plans CE, & CN, & n'agira que comme 8 à $5\frac{2}{3}$ au lieu que rencontrant le con-

cave & ne pouvant glisser, il agira par toute sa force, comme s'il y avoit une toile tendue sur E Q H F, & ainsi il agira de toute la force de son choq & comme de 8, & y ayant 6 aîles semblables il y en auroit toujours 3 qui recevraient un peu moins d'un tiers plus d'impulsion que les trois autres, ce qui feroit nécessairement tourner les rouës, mais avec peu de force, en sorte qu'elles ne pourroient tourner qu'à vuide, ou bien il les faudroit demeurer grandes, & elles ne pourroient se soutenir & seroient en danger d'être emportées par un vent impetueux, Pour les perfectionner il faudroit que l'angle EAQ fût de 30 degrez & alors la proportion, de la force du vent seroit dans le concave à l'égard du convexe, comme de 4

à 1, comme il a été expliqué dans les règles de la chute des corps à la fin du traité de la Percussion de la 3^{me} édition: On pourroit encore faire les faces C N, C L mobiles, & B E, B Q, afin qu'elles se serrassent un peu en l'aîle C D, & qu'elles s'ouvrissent en l'autre, ce qui augmenteroit encore la proportion; il faudroit aussi mettre ces 6 aîles deux à deux l'une sur l'autre afin qu'elles receussent mieux le vent, & alors ces moulins pourroient faire à peu près le même effet que ceux dont on a parlé.

La seconde maniere avoit la largeur des aîles en une situation verticale, mais la toile qui les revêtoit étoit dans des chassis mobiles qui d'un côté s'appuyoient entierement contre les extremités des bois ou perches qui les environnoient quand le vent souffloit contre; & ainsi elles en recevoient tout l'effort; mais de l'autre côté elles cedoient au vent tournant sur des pivôts & n'ayant point d'arrêt, & par ce moyen une partie du vent passoit entre les ouvertures qu'il faisoit, ce qui donnoit beaucoup moins de force que de l'autre côté, & la rouë tournoit necessairement: mais elle tournoit foiblement, même à vuide, lorsque des moulins à vent ordinaires tournoient par un vent mediocre, celui-cy ne tournoit point ou tour-

noir très-lentement à cause qu'il ne restoit pas un quart de force de plus dans le côté où le vent choquoit entierement, que de l'autre; ce qui procedoit de ce que les bois & les traverses en recevoient autant d'un côté que d'autre, & les chassis du côté qu'ils s'ouvroient ne laissoient pas de tomber un peu par leurs poids & d'être rencontrés par le vent qui les soutenoit ne s'élevant jamais à la hauteur horizontale : Mais il s'ouvroit seulement à demy un peu plus ou moins; c'est pourquoy ils étoient inutiles la plus-part du temps & ne pouvoient moudre qu'à des vents violents.

La 3^{me} maniere étoit de faire couvrir la moitié du nombre des aîles par une demie circonference cylindrique de fer blanc ou d'autre matiere legere qui étoit dirigée droit au vent par une grande giroüette fort éloignée du centre de la machine, & par ce moyen il y en avoit seulement trois d'un côté qui recevoient l'impression du vent sans être empêchées par les 3 de l'autre côté : Mais on ne pouvoit faire en grand cette machine à cause de l'énorme grandeur qu'il eût fallu donner à la demie circonference cylindrique & qui l'eût mise au hazard d'être emportée par un vent médiocrement violent.

J'ay veu aussi un modele des moulins à vent horizontaux qui sont à ce qu'on dit en usage dans la Chine ; ils sont faits comme une lanterne , il y a plusieurs aîles , qui tournent sur des pivots vers le centre & le point opposé vers le haut , & ils rencontrent des chevilles qui les arrêtent en de certaines situations pour recevoir le vent le plus directement qu'il se peut , & quand ces aîles ont fait un demy-tour par la revolution de la machine , elles tournent & vont au vent , comme les giroïettes & n'en reçoivent que tres-peu d'impression pour ne pas nuire à celles qui sont de l'autre côté où le vent les rencontre directement ou à peu près ; & enfin il n'y en a point de l'autre côté qui ne reçoive le vent tres-obliquement , & par ce moyen le vent agit toujours presque deux fois plus d'un côté que d'autre , ce qui fait faire un effet suffisant à toute la machine dont l'essieu est planté dans le milieu de la meule qui est au dessous ; c'est pourquoy il n'est pas necessaire d'y appliquer des rouës & des lanternes comme aux autres moulins , par le frottement desquelles la force est diminuée.

On peut par la même methode cy-dessus calculer la vitesse du vent qui est necessaire pour renverser des arbres ou des piliers qui seroient posez de bout :

sans rien soutenir; en voicy des exemples.

Soit un quadre de bois $A B C D$ com-

me ceux d'un
chassis de papier,
d'un pied de lar-
geur, dont le
poids soit d'une
livre un quart ou
20 onces avec son
papier collé, ex-
posé directement
au vent. & posé
perpendiculaire-

ment sur un plan horizontal, & ayant
les quatre petits bâtons quarrés d'un pou-
ce de largeur: Donc un vent de 12 pieds
par seconde, en le choquant soutiendra 6
onces à peu près, comme il a été montré
cy-dessus; & parce qu'il n'a d'épaisseur
que 12 lignes, la demie épaisseur où est
son centre de gravité ne sera que de 6
lignes: Car on ne considère point le poids
du papier; & parce que la distance de son
centre de pesanteur jusqu'à l'appuy est
6 pouces, le vent agira en levier com-
me 6 pouces à 6 lignes ou comme 12 à 1,
& $E F$ étant l'axe du mouvement, la pro-
portion de la force du vent contre le poids
du quadre de 20 onces sera comme 72
onces produit de 6 onces par 12 à 20 on-
ces, il faut donc un moindre vent pour

faire équilibre , & si on le prend de 6 pieds par seconde , il n'aura que le quart de 72 onces , sçavoir 18 onces , & si 36 quarré de 6 donne 18 , 40 donnera 20 onces , la racine quarrée de 40 est un peu plus de $6\frac{1}{3}$, il faudra donc un vent qui fasse 6 pieds $\frac{1}{3}$ en une seconde pour renverser ce quarré de chassis ; j'en ay fait l'expérience au haut de l'Observatoire & dans la Samaritaine.

On calculera de même la force qu'il faut pour rompre une branche d'arbre de

démy pied d'épaisseur ayant 15 pieds de tige & 30 pieds de branches rameaux &

feuilles ; ce sera 900 pieds superficiels que le vent choquera , la résistance absolue du bas de la branche pour être rompuë , la tirant de haut en bas sera de 207360 : Car la résistance absolue d'un bâton de 3 lignes a été trouvée de 350 livres , AB est la tige de la branche , DFEB le tour de ses branches & feuilles , & C le centre , la distance AC est 30 pieds , la proportion de 30 pieds au tiers de l'épaisseur vers A qui n'est que de 2 pouces , est de 180 à 1 divisant 207360 par 180 , le quotient sera de 1152 ; il faudra donc la valeur de 1152 livres pour rompre la branche en A , il y a 900 pieds de superficie dans les feuilles & rameaux de l'arbre , & parce que 2 pieds superficiels choquez par un vent de 12 pieds par seconde soutiennent $\frac{3}{4}$ de livre , ils soutiendront 450 fois $\frac{3}{4}$, c'est-à-dire 337 livres à peu près qui est un nombre beaucoup moindre que 1152 : Soit donc comme 337 à 1152 ainsi 144 carré de 12 est à 492 $\frac{84}{337}$ dont la racine carrée est 22 $\frac{1}{4}$ à peu près , il faudroit donc que le vent fît 22 pieds $\frac{1}{4}$ en une seconde pour rompre une telle branche d'arbre.

Le choq du vent contre les voiles d'un Vaisseau pour le faire pencher ou pour le renverser , suit les mêmes regles & celles de l'équilibre : Car si l'on pose sur le Vais-

seau A B C dont le centre de pesanteur est dans la ligne D B , un poids au point C , il se panchera & le centre de gravité com-

mun sera en la ligne b D , ce qui sera dans l'eau fera équilibre à soy-même & le poids C au reste du Vaisseau E A qui sera de l'autre part au dessus de l'eau : Or la voile D étant choquée , fait le même effet qu'un grand poids , & on peut comparer leurs efforts comme cy-devant , selon que le vent sera grand & que la voile sera élevée au dessus du Vaisseau ; & en se servant de la maniere cy-devant expliquée , on pourra connoître quelle vit le vent peut renverser un Vaisseau , si l'on sçait

ſçait le poids du Vaiſſeau & de ce qui eſt dedans ſa largeur, la grandeur de ſes voiles, l'obliquité ou la direction du choq, en comparant ſa force à celle d'un poids comme C : mais il faut conſiderer que le Vaiſſeau ne tourne pas par le vent, comme ſ'il y avoit un eſſieu au point B qui tournât ſur 2 pivots immobiles, & qu'il ne ſe renverſe pas ſi aiſément qu'il feroit : mais auſſi en roulant il peut prendre une continuation de mouvement, qui étant jointe à une grande & ſoudaine bouffée de vent, le peut porter beaucoup au-delà de l'équilibre & le renverſer.

Lors qu'on n'a qu'une certaine quantité d'eau pour employer à quelque choq, on peut augmenter ſa force en la faiſant jaillir au deſſous d'une plus grande hauteur.

AB eſt le deſſus d'une riviere retenuë; CD eſt une ouverture d'un pied quarré par où l'eau doit ſortir, ſoit E le milieu de l'ouverture & la hauteur BE de 3 pieds. Il a été démontré que le choq de l'eau par CD ſouſtiendra le poids d'un ſolide d'eau ayant pour baſe le quarré de CD, & la hauteur EB de 3 pieds; ce poids fera donc de trois fois 70 livres ou de 210 livres. Soit maintenant l'eau retenuë en ſorte que ſa hauteur ſoit de 12 pieds juſques en F, qui eſt le milieu de l'ouverture quarrée GH, le jet par F ira

T

deux fois plus vîte que par E; si l'on fait

donc que comme la diagonale d'un quarré est à son côté, ainsi CD soit à GH, la surface de cette ouverture sera la moitié de celle de CD, & il y passera autant d'eau en même temps, parce qu'elle ira deux fois plus vîte, & le poids qu'elle soutiendra par son choq sera égal au poids du solide, qui aura pour base le quarré de GH & pour hauteur FB: mais ce dernier solide ayant sa hauteur quadruple du premier,

& sa base seulement moindre de la moitié, il pesera deux fois autant; & le jet par GH soutiendra un poids double de celui qui est soutenu par le jet CD; d'où l'on voit que pour faire tourner un moulin qui manqueroit d'eau, & n'en auroit que la moitié de l'ordinaire, en luy donnant une profondeur quadruple; la même eau le feroit tourner, & feroit autant d'effet que s'il avoit deux fois autant d'eau.

TROISIEME PARTIE.

DE LA MESURE

DES EAUX

COURANTES ET JAILLISSANTES.

PREMIER DISCOURS.

*DES POUCES, ET LIGNES D'EAU,
dont on exprime la mesure des eaux
courantes & jaillissantes.*

LEs Fonteniers mesurent la quantité d'eau que donnent les Fontaines, par les pouces & les lignes circulaires, que contiennent superficiellement les ouvertures qu'elles remplissent en coulant tres-lentement : mais ils n'ont pas bien déterminé quelle est la quantité d'eau que donnent ces pouces & lignes circulaires en un certain temps, ny quelle doit être l'élevation de l'eau par dessus ces ouvertures pour fournir cet écoulement ; ce qui est pourtant nécessaire pour sçavoir ce que c'est qu'un ponce d'eau : Car si l'eau se tenoit à 6 lignes

T ij

par dessus une ouverture circulaire d'un pouce , elle donneroit beaucoup plus d'eau par ce pouce , que si elle ne le surpassoit que d'une ligne ; parce que comme il a été montré cy-devant dans la deuxiême Partie , une plus grande hauteur d'eau fait aller les jets plus vîte , & les écoulemens des eaux par une même ouverture se font selon la proportion des vitesses qu'elles ont en sortant ; ce qui se prouve en cette sorte.

AB est un bacquet plein d'eau , CEDB est

un des côtez du bacquet où il y a une ouverture I ; G H est un cylindre de bois ou de glace , qui passe par ce trou avec une vitesse uniforme.

Or si l'on suppose qu'en une seconde, il s'avance de l'espace GH, il est manifeste qu'en ce temps il passera entierement & précisément l'ouverture I, s'il commence à y entrer par le bout H, & que s'il va deux fois plus lentement, il luy faudra employer deux secondes pour la passer entierement; & par consequent il n'en passera que la moitié en une seconde, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut tirer la même consequence à l'égard des jets d'eau, sçavoir, qu'il passera deux fois autant d'eau en même temps par l'ouverture I, quand elle va deux fois plus vite, & que si en une minute elle donne 10 pintes en passant par cette ouverture avec une certaine vitesse, elle en donnera 30 dans le même temps si elle va trois fois plus vite.

Cela étant supposé, il est évident que s'il y a deux ouvertures rondes égales en un reservoir, l'un à un pied au dessous de la surface supérieure de l'eau, & l'autre à 4 pieds, il sortira par cette dernière deux fois autant d'eau en même temps, puis qu'il a été prouvé que l'eau sortira par cette dernière deux fois plus vite que par l'autre.

Delà on voit que pour determiner la quantité d'eau qui doit passer par l'ouverture d'un ponce, située perpendiculaire-

ment, il faut necessairement determiner à quelle hauteur doit être la surface de l'eau qui fournit l'écoulement au dessus du ponce circulaire.

Voicy quelques experiences qui ont été faites pour determiner cette hauteur, & la quantité d'eau qui en sort en un certain temps.

PREMIERE EXPERIENCE.

ON s'est servy d'un bacquet de fer blanc M B long de deux pieds, & large de 10 pouces, percé en C d'une ou-

verture quarrée d'environ 16 lignes de largeur, où l'on avoit appliqué une petite platine de cuivre percée tres-exactement d'une figure circulaire d'un ponce de diametre, ce bacquet étant situé de maniere que cette

ouverture d'un pouce étoit verticale , on l'emplissoit d'eau jusques par dessus l'ouverture , la fermant avec la main , & on y laissoit couler de l'eau d'un muid F G qui en étoit fort proche , en telle quantité , que passant toute par l'ouverture circulaire C , la surface supérieure de l'eau du bacquet demuroit toujours environ à une ligne plus haut que l'ouverture.

Pour faire cette experience bien juste, on avoit fait une ouverture à côté dans le bacquet comme en L un peu plus élevée que l'ouverture circulaire C, pour servir de décharge à l'eau surabondante, dont on diminuoit la hauteur comme on vouloit par le moyen d'une petite platine de fer blanc qu'on y appliquoit avec une matiere fort visqueuse faite de cire & de therebentine. On avoit aussi appliqué une autre petite lame de fer blanc M à deux pouces à côté de l'ouverture C, & à une ligne plus haut moins $\frac{1}{4}$; elle étoit parallèle à l'eau du bacquet , en sorte que quand l'eau s'étendoit un peu par dessus, comme d'un quart de ligne d'épaisseur, on étoit assuré que la surface supérieure étoit à fort peu près plus haute d'une ligne que le haut de l'ouverture C, & sans cette invention il seroit fort difficile de s'en assurer; parce que l'eau fait ordinairement une petite élévation concave

d'environ deux lignes de hauteur le long des corps qu'elle touche quand ils en sont humectés : ce qui empêche de pouvoir bien remarquer la hauteur de la surface de l'eau à l'égard de l'ouverture C. Il y avoit aussi dans le bacquet une traverse DE pour recevoir le choq de l'eau qui tomboit du muid dans le réservoir, afin qu'elle ne fût point de vagues, & cette traverse étoit distante d'environ 3 pouces du fond du bacquet, & étoit percée de plusieurs trous afin que l'eau y passât librement ; cela étant bien disposé, on fermoit l'ouverture avec la main ou autrement, & on emplissoit le bacquet jusques à ce que l'eau passât 3 ou 4 lignes par dessus la petite lame M, & ensuite on laissoit couler l'eau en même temps par l'ouverture & par le muid ; & si l'eau du bacquet demouroit à cette hauteur de 3 ou 4 lignes, ou qu'elle montât encore plus haut, on baissoit un peu le déchargeoir L, jusques à ce que l'on vît demeurer très-peu d'eau sur la petite lame M, comme d'un quart de ligne d'épaisseur, & qu'elle demeurât sensiblement en cet état un peu de temps. Alors on pouffoit tout à coup un vaisseau N pour recevoir l'eau qui couloit par l'ouverture circulaire C, & après l'y avoir laissé 30 secondes précisément, on le tiroit tout à coup, & on

mesuroit ensuite la quantité d'eau qui étoit dedans.

Pour marquer le temps de l'écoulement, on se servoit d'un pendule de fil tres-délié, chargé à son extrémité d'une balle de plomb de 8 lignes de diametre; la longueur du fil étoit de 3 pieds & 8 lignes jusques au centre de la balle depuis le point de suspension; ce pendule employoit une seconde à chaque battement, & on s'en assieuroit en le comparant à une pendule ou horloge tres juste qui marquoit les secondes; on a réitéré plusieurs fois la même experience, & on a trouvé qu'il passoit en 60 secondes par cette ouverture d'un pouce, lors que la surface superieure de l'eau du bacquet étoit 7 lignes plus haute que le centre de l'ouverture, environ 13 pintes $\frac{3}{8}$ mesure de Paris, chaque pinte pesant deux livres moins 7 gros.

Dans les païs proche de la ligne, le pendule doit être plus court à cause que le mouvement de la surface de la terre en ces endroits est plus grand qu'en France. M^r Richer, & M^r Varin en ont fait des observations; le 1^{er} à la Cayenne, où il l'a trouvé plus court de 1 ligne $\frac{1}{4}$ & l'autre en l'Isle de Gorée proche le Cap-Vert où il le falloit seulement de trois pieds 6 lignes $\frac{1}{2}$: on demontre cet effet en cette sorte; ABCD represente un meridiem pas-

ment vers K. La même chose arrivera à une pierre qui sera au point G, mais sa tendance au mouvement par la tangente sera beaucoup moins forte; parce que le point A se meut beaucoup plus vite que le point G: Donc il retardera moins une pierre qui tombe de G vers K centre de la terre, & même la situation oblique du petit cercle GM à l'égard de la ligne GK, peut encore un peu diminuer de ce retardement vers le centre: car GL ligne oblique à KG, étant égale à GO, le point L sera moins éloigné de K que le point O; par ces deux causes la pierre étant lâchée en I, descendra moins vite vers A, que la pierre en L ne descendra vers G: donc le mouvement du poids d'un pendule sera plus lent vers A que vers G, & par conséquent pour les faire isocrones, il faut que le fil du pendule soit plus court vers A que vers G.

Il est manifeste qu'on ne peut trouver précisément la même quantité d'eau dans toutes les expériences, & qu'on y trouvera toujours quelque petite différence par plusieurs causes, sçavoir qu'il est difficile de commencer à compter les secondes au même moment que l'eau commence à couler; qu'on ne peut retirer le vaisseau précisément quand la 30^{me} secon-

de finit; que l'ouverture par où l'eau coule n'est pas parfaitement perpendiculaire, ou qu'elle n'est pas exactement d'un pouce, ou que le fil du pendule se peut un peu allonger ou accourcir pendant l'expérience, ou enfin que la hauteur de l'eau est un peu plus ou un peu moins haute qu'une ligne à l'endroit de la petite lame M; toutes lesquelles choses empêchent l'exactitude précise: mais entre le plus & le moins on a trouvé cette mesure de 13 pintes $\frac{3}{8}$. Si on veut sçavoir l'eau que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme de 6 lignes de diametre ou de 4 lignes, il les faut placer en sorte que leurs centres soient à 7 lignes au dessous de la surface de l'eau du bacquet: car si le plus haut de chaque ouverture étoit placé à une ligne de distance de la surface, elles donneroient beaucoup moins d'eau que selon la proportion de leurs grandeurs; mais si on les dispose en sorte que le centre de leurs ouvertures soient à même distance de la superficie de l'eau, elles donneront de l'eau à peu près selon la proportion; voicy les expériences qui en ont été faites.

II. EXPERIENCE.

ON a fait couler plusieurs fois l'eau du même bacquet par une ouverture de 6 lignes dont le centre étoit toujours à 7 lignes de distance de la surface de l'eau pendant l'écoulement, & on a trouvé entre le plus & le moins 15 demi-septiers en une minute, quoyque la surface de cette ouverture ne soit que le quart de celle d'un ponce circulaire, & que selon cette proportion il n'en dût sortir pendant une minute que le quart de 13 pintes $\frac{3}{8}$ selon la 4^{me} regle de l'équilibre par le choq. Cette difference procede de plusieurs causes.

1^o Qu'encore que l'eau du bacquet soit à une ligne de hauteur par dessus l'ouverture d'un ponce, elle n'y reste joignant cette ouverture que d'environ un tiers de ligne pendant son écoulement; ce que l'on connoît aisément par une particuliere reflexion de lumiere qui se fait en cet endroit où l'eau se baisse plus que dans le reste du bacquet, & ce baissément se fait à cause que l'eau qui succede à celle qui coule, doit venir des parties voisines, comme il a été expliqué cy-devant, & qu'y en ayant trop peu par le haut proche le trou, il faut qu'elle s'abbaisse presque toute pour passer; ce qui diminue de la force

de la pression de l'eau, & retarde la vitesse de l'écoulement.

2^o Que venant peu d'eau par en haut, il faut en récompense qu'il en vienne de bien loin pour succéder à celle qui coule, ce qui retarde encore sa vitesse: mais la même chose n'arrive pas au trou de 6 lignes, parce que ne devant donner que le quart autant d'eau que le pouce, & son ouverture étant surmontée de 4 lignes d'épaisseur d'eau, il ne s'y fait point d'enfoncement sensible; & par conséquent l'eau est pressée par ces 4 lignes entières, outre que l'eau qui doit succéder à celle qui coule, ne vient pas de si loin que quand l'ouverture est d'un pouce; & afin que le dessus de l'eau, qui est directement au dessus de l'ouverture d'un pouce, fût 7 lignes plus haut que son centre, il faudroit que dans le reste du bacquet elle fût à 8 lignes de hauteur à peu près.

Il y a encore une autre cause, qui est que les vitesses des écoulemens, étant en raison soudoublée des hauteurs des eaux, ainsi qu'il a été dit, s'il y a un bacquet comme *AB* percé au fond d'une ouverture horizontale, comme *abcd*, & d'une autre verticale *efgh*, égales entr'elles, & que l'eau soit élevée dans le bacquet à la hauteur précise *ef*, il ne doit sortir par cette ouverture verticale

que les $\frac{2}{3}$ d'autant d'eau qu'il en sortira par celle qui est au fond du bacquet en même temps, si on entretient l'eau à la hauteur ef ; ce qui se prouve en cette sorte.

L'eau qui sort par le bas de l'ouverture verticale, eb , a sa vitesse à l'égard de celle qui sort par LI en raison soudoublée de la hauteur eg à la hauteur eL , & de même à l'égard de toutes les divisions horizontales qu'on peut faire dans le quarré $efgb$, à inégales distances; d'où il suit que si la vitesse de l'eau de la 1^{re} division vers le haut est 1 ou $R. 1$, celle de la 2^{me} sera $R. 2$, celle de la 3^{me} $R. 3$ &c. ce qui est dans la même proportion que les ordonnées d'une parabole. Soit donc ACD une parabole, dont la base CD

Fig. 2 Du Mouvement des Eaux.

soit celle du rectangle $CDPQ$, & soit divisé l'axe AB en plusieurs parties égales par les lignes EF , GH , IL , MN &c. parallèles à BD , ces lignes seront les ordonnées. Or par la propriété de cette fi-

gure les quarrés des ordonnées sont entr'eux, comme les segmens de l'axe qui leur correspondent, AE , AG , AI , AM , &c. & ces segmens sont entr'eux comme les nombres de suite 1, 2, 3, 4, &c. Donc ces quarrés seront aussi entr'eux comme 1, 2, 3, 4, &c. & par consequent les lignes OEF , RGH , SIL , TMN , seront entr'elles comme R. 1, R. 2, R. 3, R. 4, &c. Or si on prend toutes les ordonnées qu'on peut tirer parallèles à BD infinies en nombre

nombre pour la parabole , elles seront aux lignes infinies qui composent le rectangle C D A , comme la parabole est au rectangle ; mais le triangle C A D , qui est la moitié du rectangle P Q C D , est les $\frac{2}{3}$ de la parabole , comme il a été prouvé par Archimede ; donc si le triangle est 3 , le rectangle sera 6 , & la parabole 4 , donc elle est les $\frac{2}{3}$ du rectangle.

Ceux qui ne sçavent pas les proprietéz de la parabole , pourront connoître par le calcul cette verité à peu près en prenant la suite de ces ordonnées en nombres , en tirant leurs racines quarrées , par la dixme , comme en la table suivante , où le premier rang vaut les nombres entiers , le second les dixièmes , le troisieme les centièmes , &c.

Vant. Nob. Dix. Cent. Mil.

R. 1	1.			
R. 2	1.	4.	1.	4.
R. 3	1.	7.	3.	2.
R. 4	2.			
R. 5	2.	2.	3.	6.
R. 6	2.	4.	4.	9.
R. 7	2.	6.	4.	5.
R. 8	2.	8.	2.	8.
R. 9	3.			
R. 10	3.	1.	6.	2.

R. 11	3.	3.	1.	6.
R. 12	3.	4.	6.	2.
R. 13	3.	6.	9.	5.
R. 14	3.	7.	4.	3.
R. 15	3.	8.	7.	2.
R. 16	4.			
R. 17	4.	1.	2.	3.
R. 18	4.	2.	4.	2.
R. 19	4.	3.	5.	8.
R. 20	4.	4.	7.	2.
R. 21	4.	5.	8.	2.
R. 22	4.	6.	9.	1.
R. 23	4.	7.	9.	2.
R. 24	4.	8.	9.	9.

Or si l'on ne prend la somme que des 12 premiers nombres, elle est un peu plus grande que 29, & 12 fois le douzième nombre sçavoir $3, \frac{4}{10}, \frac{6}{100}, \frac{2}{1000}$, donne un produit un peu plus grand que $41\frac{1}{2}$, & par conséquent cette somme qui est la parabole est plus grande que les $\frac{2}{3}$ de ce produit qui est le rectangle : mais si on prend celles des 24 nombres, on trouvera un peu plus de 79 pour la parabole, & le produit du dernier $4, \frac{8}{10}, \frac{9}{100}, \frac{9}{1000}$ par 24 est un peu plus 117, dont les $\frac{2}{3}$ sont 78 & ainsi la somme de ces 24 nombres ne diffère des $\frac{2}{3}$ de ce produit que de l'unité à peu près, & on en approche plus que quand on ne prend que les 12 premiers

nombres, & si l'on continuë à augmenter la table par un plus grand nombre de divisions, la difference de cette somme & de ce produit diminuëra toujourns, & l'on pourra juger qu'elle arriveroit enfin aux $\frac{2}{5}$ précisément.

On voit aussi que si on prend les 6 nombres du milieu des 12, ils surpasseront ensemble la somme des 3 premiers & des 3 derniers, & que la somme des 6 premiers & des 6 derniers des 24, sera moindre que la somme des 12 du milieu, ce qui doit arriver necessairement; & on en fait la demonstration en cette sorte.

Les extrêmes des quarez des nombres qui sont en progression arithmetique sont plus grands que ceux des nombres du milieu comme les quarez de 2 & de 8, qui sont 68, sont plus grands que 52 somme des quarez de 4 & de 6, & l'excès est 16, produit du quarré de la difference par le nombre de la progression: Or puis que les quarez des ordonnées de la parabole sont en progression Arithmetique, & que les extrêmes ensemble sont égaux à ceux du milieu, il s'ensuit que leurs racines ne sont pas en progression Arithmetique, & que les premieres, & les dernieres ensemble sont moindres que

celle du milieu : Car si elles étoient égales ces quarréz extrêmes seroient plus grands ; & parce-que les écoulemens des eaux suivent leurs vitesses , il s'ensuit que.

s'il y a 8 divisions au quarré $ABCD$; les 4 du milieu qui sont le rectangle EF GH , donneront plus d'eau que les 4 extrêmes qui sont les deux rectangles AH , FD , & que $LMNO$ qui est la moitié de ce rectangle & le quart du grand quarré, donnera plus du quart de toute l'eau que donne le grand quarré.

Il arrive donc par cette cause & par celle de la difficulté de l'écoulement, qu'une ouverture quarrée de 6 lignes ayant l'eau 4 lignes au dessus, donne plus que le quart de celle que donne un pou-

ce quarré surmonté seulement d'une ligne d'eau proche l'ouverture : il est vray qu'il y a un peu moins de frottement à proportion contre les bords du grand trou, que du petit, ce qui donne un peu d'avantage au grand : mais les autres choses étant plus considerables, il doit toujours sortir plus d'eau à proportion par les moindres trous jusques à 2 lignes de diametre que par les plus grands ; ce que j'ay trouvé conforme aux experiences.

La même chose doit arriver à peu près ,
& par les mêmes causes aux ouvertures circulaires , c'est-à-dire que si l'on prend dans le grand cercle ABCD, le petit interieur & concentrique

EF dont le diametre EF soit égal à la moitié de AC, & par consequent la surface égale au quart de celle du grand cercle, il passera par cette ouverture un peu plus du quart de celle qui passera par l'ouverture entiere.

A B C D ; ce qu'on a trouvé conforme à toutes les experiences dans les petites elevations de l'eau au dessus des ouvertures , le grand cercle ayant donné toujours à peu près 13 pintes en une minute , & le petit 15 demi-septiers , comme il a été dit.

Il arrive encore que si la petite ouverture par où passe l'eau , est située horizontalement au fond du bacquet , en sorte que l'eau coule perpendiculairement de haut en bas il en coulera plus en même temps , que si dans un autre bacquet l'ouverture étoit verticale , & le jet horizontal , quoyque la surface de l'eau fût autant élevée par dessus le centre de cette dernière , que par dessus l'autre ; ce qui procede de ce que

l'eau sortant de haut en bas , elle accelere sa vitesse , & à cause de sa viscosité elle entraîne plus vite les parties qui luy sont contiguës & même celles qui sont proches de l'ouverture au dedans du reservoir , & il en sortira encore moins d'une pareille ouverture si elle

est disposée à faire jaillir l'eau perpendiculairement de bas en haut par l'ouverture C, parce que l'eau va plus vite en D qu'en E & ainsi celle du dessous est toujours un peu retardée.

On a trouvé par plusieurs experiences que s'il sortoit 15 pintes en un certain temps par un jet de 4 lignes d'ouverture qui couloit de haut en bas, il n'en sortoit que 14 à peu près lors qu'on le faisoit jaillir perpendiculairement de bas en haut, quoyque surmonté d'une pareille hauteur d'eau & cela arrive particulièrement dans les mediocres hauteurs des reservoirs : car s'ils sont de 20 ou 30 pieds, la difference est bien moins sensible à cause que l'eau sort si vite de haut en bas en son commencement, qu'il ne se fait point d'acceleration considerable dans l'eau du jet qui est au dessous de l'ouverture; parce que une goutte d'eau tombant, n'acquiert gueres plus de vitesse que celle de l'eau qui sort par un trou quand la surface de l'eau du reservoir est à 30 pieds au dessus, comme il a été expliqué dans la fin de la 3^{me} édition du traité du choq des corps.

Par toutes ces raisons & ces experiences on voit qu'il est difficile de determiner ce que c'est qu'un pouce d'eau : & parce

que les dépenses des jets d'eau se font ordinairement par de grandes hauteurs de réservoirs & par de médiocres ouvertures d'ajutages, on doit plutôt se régler par les expériences des médiocres ouvertures, comme de 6 lignes ou de 4 lignes, que par celles d'un ponce entier. J'ay pris un milieu entre les expériences de ces ouvertures différentes, & tant pour la facilité du calcul, que pour avoir une mesure certaine, & ôter toute difficulté.

J'appelle icy un ponce d'eau, l'eau qui coulant pendant l'espace d'une minute donne 14 pintes mesure de Paris, de celles qui passent un peu les bords, & qui pesent deux livres chacune. L'ouverture d'un ponce donnera cette quantité si l'eau est une ligne au dessus de l'ouverture; mais il faudra qu'elle soit deux lignes plus haut dans le reste du bacquet, afin qu'elle soit précisément une ligne plus haut au dessus de l'ouverture. Pour les ouvertures de 6 lignes & au dessous, il suffira que l'eau du bacquet soit 7 lignes au dessus des centres.

Cette mesure ainsi déterminée est très-commode pour le calcul, parce que dans l'espace d'une heure le ponce donnera 3 muids de Paris, & en 24 heures 72 muids. Ceux qui ignorent la mesure de Paris,

& qui connoissent la livre , pourront faire aisément ces calculs , au lieu que si l'on prenoit pour le ponce 13 pintes & $\frac{5}{8}$ de celles qui present 2 livres moins 7 gros , il ne donneroit que 66 muids plus $\frac{63}{72}$ en 24 heures , & ces fractions donneroient beaucoup de peine quand on voudroit connoître les différentes dépenses d'eau par des differens ajutages mis au dessous de différentes hauteurs de reservoirs. Pour confirmer cette regle , on a fait l'experience suivante.

III EXPERIENCE.

ON a pris un vaisseau quarré en tous sens contenant un pied cube jusques au 12^{me} ponce ; mais la dernière division étoit de deux lignes au dessous du haut du vaisseau. On y fit couler de l'eau par le moyen d'un baquet où il y avoit une ouverture d'un ponce circulaire, comme on l'a décrit cy devant ; la petite lame M étoit 2 lignes $\frac{1}{4}$ plus haut que le dessus de l'ouverture , en sorte que joignant le dessus de cette ouverture , la surface de l'eau demeuroid une ligne plus haut , quand elle étoit 2 lignes plus haut dans le reste du baquet. Ce pied cube fut rempli jusques au 12 ponce inclus par l'eau coulante dans l'espace de deux minutes &

demie : d'où il s'ensuit que l'ouverture circulaire ainsi disposée donna 14 pintes, ou 28 livres d'eau en une minute, puis qu'elle donna 35 pintes en 2 minutes & demie.

On sçaura facilement par ce moyen les poudres d'eau que donne une mediocre fontaine, ou un ruisseau coulant ; car il ne faut qu'en recevoir l'eau d'ans quelque vaisseau, ou dans quelque lieu qu'on puisse mesurer & qui tiennent l'eau, en comptant quel nombre on voudra de minutes ou de secondes ; par exemple, si l'on a reçu dans le vaisseau 7 pintes en 30 secondes, on dira que cette eau coulante est d'un pouce ; si elle a donné 21 pintes on dira qu'elle est de 3 poudres ; & ainsi dans les autres proportions.

II. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes selon les différentes hauteurs des reservoirs.

IL a été prouvé que les quantitez d'eau qui sortent par des ouvertures égales faites au dessous des reservoirs de différentes hauteurs, sont entr'elles en la raison soudoublée des hauteurs ; mais pour confirmer cette regle par les experiences

j'en ay fait plusieurs avec une grande exactitude, dont voicy les principales.

I. EXPERIENCE.

Pour la dépense des eaux jaillissantes au dessous de différentes hauteurs de reservoirs.

U Ne ouverture de 6 lignes ayant son centre à 39 lignes au dessous de la surface de l'eau du baquet, a donné en une minute 8 pintes $\frac{6}{7}$ de cel'es qui ne pesent que 2 livres moins 7 gros ; l'eau couloit horizontalement, comme en l'expérience cy-dessus, où la même ouverture avoit son centre 7 lignes au dessous de la surface de l'eau du baquet, & donnoit 15 demi-septiers en une minute. Pour comparer ces deux expériences selon la regle, il faut prendre le nombre moyen proportionnel entre 7 & 39 qui est $16\frac{1}{2}$ à peu près, & aux trois nombres 7, $16\frac{1}{2}$ & 15 trouver le 4^{me} proportionnel, qui est $35\frac{3}{7}$ à peu près; 35 demi-septiers $\frac{3}{7}$ font 8 pintes $\frac{6}{7}$, & par conséquent ces dépenses d'eau ont été selon la raison soudoublée des hauteurs des reservoirs.

II. EXPERIENCE.

UN tuyau ayant sa hauteur de 16 pouces a donné par une ouverture de 3 lignes un peu foibles, appliquée au fond par où l'eau couloit perpendiculairement 2 pintes & demie & environ 2 cuillerées, en 30 secondes, entretenant toujours l'eau à cette hauteur de 16 pouces ; on a mis au fond d'un autre tuyau la même plaque où étoit cette ouverture de 3 lignes ; ce 2^{me} tuyau avoit la hauteur de son eau à 64 pouces qui est une hauteur quatruple de la première de 16 pouces, & par conséquent il devoit donner le double de deux pintes $\frac{1}{2}$ & 2 cueillerées, en entretenant toujours l'eau à cette hauteur de 64 pouces, ce qu'on a prouvé par experience ; car il est sorti de ce tuyau 5 pintes & environ 4 ou 5 cueillerées d'eau dans le même temps de 30 secondes : cette experience a été faite avec grand soin & réitérée jusqu'à trois fois. On en a fait encore quelques autres pour les eaux qui jaillissent de bas en haut jusques à 5 ou 6 pieds de hauteur, & on a toujours trouvé la même raison soudoublée des hauteurs des reservoirs. On pourra donc prendre pour véritable la regle suivante.

R E G L E.

Pour la mesure des eaux jaillissantes.

L Es jets d'eau qui sortent par des ouvertures égales au dessous de différentes élévations de réservoirs , dépenfent de l'eau à l'égard l'un de l'autre , selon la raison soudoublée des hauteurs des surfaces , supérieures de l'eau des réservoirs. Pour pouvoir trouver aisément par le calcul toutes les quantitez d'eau que donnent les réservoirs, de quelques hauteurs qu'ils soient, j'ay choisi une hauteur mediocre à laquelle on peut rapporter aisément toutes les autres ; cette hauteur est 13 pieds , & j'ay trouvé par plusieurs experiences tres-exactes qu'une ouverture ronde de 3 lignes de diametre étant à 13 pieds au dessous de la surface supérieure de l'eau d'un large tuyau , donnoit un ponce , c'est à dire qu'il en sortoit pendant le temps d'une minute 14 pintes mesure de Paris , de celles qui pesent 2 livres , & dont les 35 font le pied cube.

Les experiences ont été faites en cette maniere ; le tuyau étoit recourbé par embas , & avoit un réservoir C qui tenoit environ 20 pintes , le trou de 3 lignes étoit au point G , son diametre étoit tel que

les deux pointes d'un compas dont l'ouverture étoit de 3 lignes justes, entroient dedans précisément sans s'appuyer sur les bords & sans laisser d'intervalle vuide. DE G F est une ligne horizontale où étoit l'ouverture G, il y avoit 13 pieds depuis D jus-

ques à C où étoit la surface de l'eau dans le reservoir; on avoit mesuré 14 pintes dans trois vaisseaux, & l'on s'accordoit à les verser de maniere que l'eau demeurait toujours à une marque B faite à côté du reservoir à la hauteur C, & lors qu'en versant l'eau baïssoit de

quelque ligne, on en versoit un peu plus vite jusqu'à ce qu'elle passât la marque d'autant de lignes à peu près; on tenoit l'ouverture G fermée avec le pouce, & l'on mettoit en mouvement le pendule à secondes: celui qui tenoit l'ouverture fermée commençoit à l'ouvrir au commencement d'une seconde, & comptoit les secondes de suite en disant 0, 1, 2, 3 &c. ceux qui versaient l'eau prenoient garde, que lors qu'on com-

mençoit à compter l'eau fût précisément à la hauteur de la marque , & ils achevoient de verser leurs 14 pintes entre 0 , & la 60^{me} seconde. Je fis cette expérience d'une autre maniere pour éviter le doute de l'inegalité de l'eau qu'on verfoit ; on mit 7 pintes dans le reservoir depuis une marque comme H jusques à une autre comme L en égale distance du point B ; on tenoit l'ouverture fermée jusques à ce qu'on commençast à compter les secondes , & on observoit que le haut de l'eau étoit au point L.

Il est aisé de juger que pendant cet écoulement il sortoit sensiblement autant d'eau que si elle fût toujours demeurée à la hauteur mediocre B de 13 pieds , parce que si elle alloit plus vîte étant en L , elle alloit aussi moins vîte , étant en H dans la même proportion.

Les expériences que j'ay faites à de grandes hauteurs comme 35 pieds , donneroient environ un 17^{me} ou un 18^{me} moins que selon la raison souûdoublée de 13 pieds à ces hauteurs , & celles que j'ay faites à des hauteurs de 6 ou 7 pieds , donnoient un peu plus ; ce qui procede du frottement plus grand ou moindre contre les bords de l'ouverture de 3 lignes , & de la moindre ou plus grande resistance de l'air : mais comme ces differences sont peu considerables , on peut faire les calculs précisé-

ment selon la regle de la raison soudoublée. Voicy une table des quantitez d'eau que donnent les reservoirs de differentes hauteurs jusques à 52 pieds par un ajutoir de 3 lignes de diametre.

*T A B L E D E S D E P E N S E S
d'eau à différentes elevations de reservoirs
sur trois lignes de diametre d'ajutoir pen-
dant une minute.*

Hauteurs des Reservoirs	Depense d'eau.
6 pieds	9 pintes $\frac{1}{2}$
9 pieds	11 pintes $\frac{2}{3}$
12 pieds	14 pintes
18 pieds	16 pintes $\frac{1}{2}$
25 pieds	19 pintes $\frac{1}{3}$
30 pieds	21 pintes $\frac{1}{3}$
40 pieds	24 pintes $\frac{1}{2}$
52 pieds	28 pintes.

Voicy comme on en fait les calculs ; soit 2 pieds la hauteur du reservoir, le produit de 2 par 13 est 26, dont la racine est $5\frac{1}{10}$ à peu près ; comme 13 à $5\frac{1}{10}$, ainsi 14 pintes à $5\frac{1}{2}$ à peu près : d'où l'on conclut qu'un reservoir de 2 pieds de hauteur par 3 lignes, donnera 5 pintes & $\frac{1}{2}$ en une minute.

Si la hauteur étoit 45 pieds on prendroit la racine quarrée de 585 produit de 13 par 45, cette racine est $24\frac{3}{16}$ à peu

près ; donc comme 13 à $24\frac{3}{16}$ ainsi 14 à 26 à peu près , d'où l'on connoîtroit qu'un reservoir de 45 pieds donneroit 26 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes.

Lors qu'on applique un long tuyau étroit, à un large reservoir , & que ce tuyau est perpendiculaire , il donne plus d'eau que si le tuyau n'y étoit pas , & qu'il y eût seulement au bas du reservoir une ouverture égale à l'ouverture du tuyau. Voicy quelques expériences que j'en ay faites.

ABCD est un reservoir d'un pied de

largeur & de hauteur , on met à l'ouverture E un tuyau de verre de 3 pieds , large de 3 lignes en haut & de 3 lignes $\frac{1}{2}$ en bas vers F : s'il n'y eût eu qu'un trou de 3 lignes en E sans tuyau , il eût donné en 60 secondes un

peu moins de 4 pintes selon les regles cy-dessus ; & s'il eût été large également par

tout comme A B, la hauteur G E étant de 4 pieds & l'ouverture E étant de 3 lignes, il eût donné environ 8 pintes $\frac{1}{3}$ par les mêmes regles ; mais le tuyau y étant, il n'a donné environ que selon la moyenne proportionnelle entre 4 pintes & 8 pintes $\frac{1}{3}$; la cause de ce qu'il donne plus que par 3 lignes en F, procede de l'accélération qui se fait de l'eau coulante par le tuyau qui augmenteroit selon les nombres impairs, s'il n'y avoit que le tuyau, mais elle est retenüe par celle qui est dans le reservoir qui diminue cette accélération, parce qu'elle ne peut s'en separer ; mais aussi celle du tuyau fait suivre plus vite celle qui est dans le reservoir, qu'elle ne feroit si le tuyau n'y étoit pas ajuté, & par ce moyen il se fait une vitesse moyenne d'écoulement qui change selon la longueur & la largeur des petits tuyaux.

J'ay remarqué dans ces experiences que le tuyau étant inégalement large aux deux extremités comme en celui-cy qui étoit de 3 lignes à un bout, & de $3\frac{1}{2}$ à un autre, il donnoit toujours la même quantité quelque bout qu'on mît dans le trou E ; ce qui procedoit de ce que toute l'eau se vuidoit toujours en même temps, demeurant tout rempli d'un bout à autre.

J'ay fait une autre experience semblable ; on avoit soudé un tuyau de 6 pieds & d'un pouce de largeur à l'ouverture E d'un

pied cube , qui ayant été rempli d'eau avec le tuyau s'est vuïdé en 37 secondes , & ayant coupé le tuyau par le milieu H , il se vuïda en 45 , & le coupant par le haut E , il se vuïda en 95 ; d'où l'on voit que la longueur du tuyau donne plus d'accele-
ration.

Un autre baquet dont l'eau étoit à 4

pouces au des-
sus du trou E
de 4 lignes où
est le tuyau
E F , a donné
lors-qu'il étoit
de 2 pieds de
hauteur 12 me-
sures $\frac{1}{2}$ de cel-
les dont il
n'eût donné
que $8\frac{1}{2}$ par la
hauteur de 4
pouces ; & si
le baquet eût
été jusques à

F , il en eût donné jusques à $18\frac{1}{2}$; ainsi c'est
un moyen proportionel qui procede de l'ac-
celeration de l'eau qui remplit touïjours le
tuyau , & fait descendre plus vîte l'eau par
E , mais non pas si vîte que si le baquet avoit
28 pouces de hauteur : on a trouvé ces $8\frac{1}{2}$ le
même tuyau n'ayant qu'un pouce de hau-

teur, parce qu'il se faisoit peu d'accélération : un autre tuyau de 4 pieds fit presque le même effet ; il avoit 4 lignes à un bout & $4\frac{1}{2}$ à l'autre, on le mit au trou E selon les deux positions, & il donna la même quantité d'eau, sinon qu'il sembloit que les 4 lignes étant en E & les $4\frac{1}{2}$ en F, il en sortit 3 ou 4 cuillerées davantage.

Mais ayant appliqué un tuyau étroit de 2 pieds & demi de longueur & $\frac{5}{4}$ de lignes d'ouverture, il n'en est pas sorti $\frac{5}{8}$ davantage, quand le tuyau étoit de sa longueur, que quand il étoit seulement d'un pouce ; ce qui procède du frottement le long du tuyau étroit qui empêche l'eau d'accélérer sa vitesse en tombant.

III. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.

ON a vu dans le 3^{me} Discours de la 2^{me} Partie, que les eaux qui jaillissoient avec des vitesses égales par de différentes ouvertures faisoient équilibre par leur choq avec des poids qui étoient l'un à l'autre en raison doublée des diamètres des ouvertures : on doit dire la même chose à l'égard de la dépense de

l'eau qui sort par des ajutoirs differens au dessous des reservoirs d'égaies hauteurs, scavoir qu'ils dépenfent de l'eau selon la raison doublée des diametres des ouvertures, on en fait la demonstration en cette forte.

DEMONSTRATION.

AB est un plan percé d'une ouverture ronde *ef*, CD est un autre plan percé d'un autre ouverture *gh* plus petite, IL est un cylindre passant entierement par l'ouverture *ef* en un certain temps, comme de 2 secondes selon une vitesse uniforme; MN un autre cylindre de même lon-

gueur, mais dont la base est plus petite, laquelle passe aussi entierement par l'ouverture *gh* dans le même temps de deux secondes; il est manifeste que si le diametre *ef* du cylindre IL qui est le même que celui de l'ouverture, est double du diametre *gh*, le grand cylindre sera quadruple de l'au-

tre, puis- $\bar{q}$ u'ils font l'un à l'autre comme leurs bases, dont chacune est supposée égale à l'ouverture par où ils passent: Or puis qu'ils vont de même vitesse, quand la moitié du grand cylindre sera passée, la moitié du petit le sera aussi, & ce qui sera passé de l'un & de l'autre sera toujours dans la même proportion de 4 à 1: Donc si on suppose que ces cylindres soient des jets d'eau qui aillent de même vitesse, il passera toujours en même temps 4 fois autant d'eau par la grande ouverture que par la petite qui est la raison doublée des diametres, des ouvertures, & de même à l'égard des autres proportions, pour confirmer cette regle, on a fait les experiences suivantes.

I. EXPERIENCE.

UN reservoir ayant 12 pieds 4 pouces d'élevation, a donné par une ouverture de 3 lignes bien mesurées 14 pintes en 61 sec. $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein & par un trou de 6 lignes bien mesurées, il a donné la même quantité en 15 secondes $\frac{1}{2}$ c'est à peu près selon la proportion doublée des diametres: car il en eût donné 56 pintes $\frac{1}{2}$ environ dans le temps de 62 secondes.

II. EXPERIENCE.

UN réservoir de 24 pieds 5 pouces de hauteur a donné par la même ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 sec. $\frac{1}{2}$ & une autre fois en 45; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 11 & $\frac{1}{4}$ à peu près ; & ayant réitéré l'expérience, elles les a données en 11 sec. précisément. Par ces deux expériences & par plusieurs autres semblables qu'on a faites dans des médiocres hauteurs depuis 5 pieds jusques à 27, on a trouvé que les différentes ouvertures donnoient toujours de l'eau sensiblement & à fort peu près selon les proportions de leurs surfaces, & qu'on peut suivre cette règle.

R E G L E.

Pour la dépense des eaux jaillissantes.

Les jets d'eau par différentes ouvertures mises au dessous de réservoirs d'égaux hauteurs, donnent de l'eau selon la raison des ouvertures, ou selon la raison doublée des diamètres des ouvertures.

TABLE DES DEPENSES
d'eau pendant une minute par differens
ajutoirs ronds , l'eau du reservoir étant à
13 pieds de hauteur.

<i>Diametres.</i>	<i>Depen/es.</i>
Par l'ajutoir de 1 ligne 1 pinte & $\frac{10}{18}$	
par 2 lignes	6 pintes $\frac{2}{9}$
par 3 lignes	14 pintes
par 4 lignes	25 pintes à peu près
par 5 lignes	39 pintes
par 6 lignes	56 pintes
par 7 lignes	76 $\frac{1}{4}$
par 8 lignes	110 $\frac{2}{3}$
par 9 lignes	126
par 12 lignes	224 pintes

Si l'on veut se servir du calcul des pouces , on trouvera que l'ouverture de 3 lignes donnera un pouce , celle de 6 lignes 4 pouces , & celle de 12 lignes 16 pouces.

Il y a quelques fois des causes qui empêchent l'exactitude de ces regles , de maniere que fort souvent les grandes ouvertures donnent un peu plus à proportion que les plus petites , & quelques-fois elles donnent moins. De même les plus grandes hauteurs donnent quelques fois un peu plus que selon la raison sou-
doublee ,

doublée , & quelquefois elles donnent un peu moins. J'en ay fait les experiences suivantes.

III. EXPERIENCE.

JE pris un tuyau de demi pied de diametre & d'environ 6 pieds de hauteur, ayant un tambour ou reservoir au haut qui contenoit environ 12 pintes ; je mis au fond la même plaque percée d'une ouverture de 12 lignes qui avoit servy aux premieres experiences , & un autre de 4 lignes dans le même fond ; l'ouverture de 12 lignes étoit distante d'environ un ponce du bord de la base , & celle de 4 lignes aussi à un ponce ; on mettoit un grand baquet au dessous où il y avoit une separation qui le divisoit inégalement, on l'ajustoit en sorte que l'eau qui couloit par les 4 lignes entroit en la petite separation, & celle qui couloit par le ponce dans l'autre ; le tuyau étant plein, on laissoit couler en même temps les 2 ouvertures , & on retiroit le baquet tout à coup ; en sorte que les 2 ouvertures cesseroient d'y couler sensiblement en un même moment ; on a toujours trouvé que le grand trou qui selon la 2^{me} regle devoit donner 9 fois autant que le petit, n'en donnoit que 8 fois autant , & 8

fois & quelque peu davantage dans d'autres experiences. La cause de cet effet est la même que celle dont on a parlé cy-devant, sçavoir que l'eau ne coule pas si facilement par la grande ouverture que par la petite; car la grande devant donner 9 fois autant d'eau, il faut que celle qui doit succéder à celle qui coule, vienne de près d'un pied de circonference, & la distance d'un côté du tuyau n'étoit que d'un pouce, & la plus éloignée seulement de 4 pouces; ce qui retardoit l'écoulement, l'eau supérieure ne pouvant venir aussi vîte qu'il eût été nécessaire, au lieu que dans la petite ouverture il suffisoit d'une distance d'un pouce de tous côtez pour fournir assez vîte à l'écoulement; & cette difference faisoit ce 5^{me} de difference dans les quantitez des eaux écoulées, comme dans l'experience du pouce dont le centre étoit plus bas que la surface de l'eau de 7 lignes qui ne donnoit que 13 pintes $\frac{3}{8}$ au lieu que le trou de 6 lignes donnoit le quart de 15 pintes, son centre étant à la même distance de 7 lignes de la surface supérieure de l'eau.

IV. EXPERIENCE.

POur ôter cette difficulté de l'écoulement, on fit plusieurs experiences

dans un tonneau dont le fond étoit assez large pour placer l'ouverture de 12 lignes à un pied du bord le plus proche, & on mit la petite ouverture à plus d'un pied de distance de la grande. L'expérience ayant été faite avec le même baquet où il y avoit une séparation, on trouva toujours que la grande ouverture donnoit moins que 9 fois plus que la petite ; car il s'en manquoit quelquefois $\frac{1}{18}$, & quelque fois $\frac{1}{20}$, c'est à dire que si la petite avoit donné chopine, la grande donnoit 8 chopines & demie ou 8 chopines & $\frac{3}{5}$, on mesura exactement de nouveau les 2 ouvertures, & on trouva que celle de 12 lignes étoit tant soit peu plus forte à proportion que celle de 4 lignes, du moins on étoit assuré qu'elle n'étoit pas plus foible, & par conséquent que le défaut de la quantité d'eau qu'elle devoit donner, ne procedoit pas de cette cause. Dans les expériences qu'on fait séparément avec des ouvertures différentes, les grandes ouvertures donnent ordinairement plus à proportion que les petites, il y a trois causes qui peuvent contribuer à cet effet.

La première, qu'il y a plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes : car les circonferences des ouvertures différentes

ne sont l'une à l'autre que selon la raison des diametres , au lieu que les eaux qu'elles donnent sont en raison doublée des mêmes diametres : Or si l'on suppose que l'eau par sa viscosité s'attache un peu aux bords des ouvertures , il faudra retrancher par cette raison une petite partie de la largeur des diametres . Par exemple à une ouverture de 3 lignes , on peut retrancher $\frac{1}{10}$ de ligne ; c'est pourquoy à une ouverture de 6 lignes, quoique le quarré de 6 soit quadruple du quarré de 3 , & que les ouvertures rondes soient entr'elles comme les quarrés , dont les côtez sont égaux aux diametres des cercles , néanmoins la circonference de l'ouverture qui a 6 lignes de diametre , sera seulement double de celle qui a trois lignes ; c'est pourquoy il ne faudra retrancher qu'un cinquième ou deux dixièmes pour cet empêchement ; d'où l'on voit que les jets de plus grande ouverture ne sont pas si fort retardez & empêchez que les petits , & donnent plus d'eau à proportion de leurs diametres.

La seconde cause est qu'un petit filet d'eau trouve plus de resistance dans l'air à sa sortie , qu'un gros jet , comme il arrive aux petites balles de plomb qui ne vont pas si loin que les grosses , quoy qu'elles sortent d'un même mousquet en même temps.

La troisième cause est le choc plus grand de l'eau qu'on verse pour entretenir l'écoulement des plus grandes ouvertures. Car pour entretenir un réservoir plein, dont l'eau ne sort que par 4 lignes, il suffit de verser l'eau tout doucement avec un petit vaisseau : mais lorsque le jet est de 12 lignes de largeur, il faut verser l'eau à plein feu, & avec une grande vitesse ; ce qui donne une impulsion à l'eau qui la fait aller plus vite que s'il n'y avoit que le seul poids qui la poussât ; on en a fait l'expérience en mettant horizontalement une ouverture d'un pouce de hauteur & de 4 de longueur : car elle donne en 36 sec. $\frac{1}{2}$ une quantité d'eau qu'elle ne devoit donner que dans le quart de 154 secondes, savoir en 38 $\frac{1}{2}$, ce qui procedoit de ce qu'on versoit avec grande force l'eau pour entretenir celle qui sortoit, & même quand on n'entretiendroit pas les réservoirs pleins, l'eau descend bien plus vite par un tuyau de 3 ou 4 pouces de largeur quand le jet est gros, que quand il est petit ; ce qui augmente nécessairement la vitesse de la sortie. Ces trois causes jointes ensemble sont quelquefois un peu plus fortes que la seule difficulté de l'écoulement, & quelquefois elles ne font que l'égaliser, lors-qu'on fait les expe-

riences séparément par de différentes ouvertures.

Voicy quelques experiences que j'en ay faites avec une ouverture de 3 lignes & une de 6 lignes..

I. EXPERIENCE.

L'Ouverture de 3 lignes ayant son reservoir à 5 pieds & demi de hauteur a donné 14 pintes , de 2 livres de poids en 93 secondes , & l'ouverture de 6 lignes les a données en 23 secondes au lieu de 23 un $\frac{1}{4}$

II. EXPERIENCE.

UN reservoir étant à 24 pieds & un peu plus , a donné par l'ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 secondes & demie , & par 6 lignes en 11 secondes en entretenant la hauteur de l'eau dans le reservoir.

III. EXPERIENCE.

DE la hauteur de 12. pieds $\frac{1}{3}$ le trou de 3 lignes a donné 14. pintes médiocres en 61 secondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein, & par le trou de 6 lignes il les a données en 15 $\frac{1}{2}$.

IV. EXPERIENCE.

ON mit une marque dans le tambour ou reservoir qui étoit au haut du tuyau plus haut que celle qui marquoit les 12. pieds 4. pouces, & un autre plus bas en égale distance, afin que laissant écouler l'eau depuis la marque supérieure jusques à l'inférieure, cela fist le même effet que si on l'avoit entretenu plein à 12. pieds 4. pouces; il entroit 13 pintes $\frac{1}{2}$ dans le reservoir depuis la marque inférieure jusques à la supérieure; elles s'écoulerent par 3. lignes en 58. secondes, & par 6. lignes en 15. au lieu de 14 $\frac{1}{2}$.

V. EXPERIENCE.

LE reservoir étant à 24. pieds 3. pouces, & à la marque du milieu a donné par les 3. lignes 14. pintes en 44. sec. $\frac{1}{2}$, & par les 6. lignes en 12. & $\frac{1}{2}$ à peu près & en laissant écouler les 13. pintes $\frac{1}{4}$ depuis la marque supérieure, il s'est employé 42. sec. par les 3. lignes, & 10 $\frac{1}{2}$ par les 6. lignes: cette dernière experience rend les proportions égales aussi bien que la 2^{me}.

On a trouvé à peu près de même en un reservoir de 35. pieds.

Par ces différentes expériences on voit que l'on peut suivre la 2^{me} règle sans craindre aucune erreur considérable, & que les causes contrariées font toujours une compensation assez juste quand on fait les expériences.

A l'égard de la raison soudoublée des hauteurs de réservoirs, il y a deux causes qui la diminuent, & deux qui l'augmentent.

Celles qui la diminuent, sont que l'air résiste plus à proportion à une grande vitesse qu'à une petite, & que le frottement est plus grand contre les bords de l'ajutage.

Celles qui l'augmentent, sont les mêmes qui font quelquefois que les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites, sçavoir qu'il faut verser l'eau avec plus de force, pour entretenir les réservoirs pleins dans une grande hauteur que dans une petite, & que l'eau descend plus vite quand on la laisse écouler.

Ces causes se compensent assez justement l'une par l'autre : mais il arrive plus ordinairement qu'il y a un peu moins qu'à la raison soudoublée dans les grandes hauteurs : mais quand on fait les expériences dans un même fond de réservoir en même temps, les grandes ouvertures donnent

ment toujours moins à proportion que les plus petites.

Toricelly a démontré dans un petit Traité qu'il a fait du Mouvement des Eaux, que s'il y a un reservoir A B C D percé au fond

en E d'une petite ouverture comme de 4 à 5 lignes, & que l'eau étant jusques à la ligne A B, elle puisse s'écouler en 10 minutes sans y rien ajoûter, elle passera des espaces inégaux en des-

cendant dans des temps égaux, en sorte que si l'on divise la ligne BC en 100 parties égales, elle descendra pendant la premiere minute de 19 de ces parties pendant la 2^{me} de 17, pendant la 3^{me} de 15 &c. & ainsi de suite selon les nombres impairs jusqu'à l'unité, tellement que la derniere partie se vuidera en la derniere des 10 minutes. La raison de cet effet est fondée sur la premiere regle expliquée cy-dessus, que les vitesses des eaux coulantes sont en raison soudoublée des hauteurs, & par conséquent qu'elles sont entr'elles, comme les ordon-

nées d'une parabole ABC commençant par la plus grande AB, & finissant au point C; ce qui fait que les espaces passés en même temps par la surface de l'eau AB sont comme les nombres impairs de suite commençant par le plus grand.

De là on tire une conséquence, que si on mesure la quantité d'eau qui est contenue dans le réservoir jusques à la ligne AB, & qu'elle s'écoule en 10 minutes, il en sortira deux fois autant dans le même temps, si on entretient toujours le réservoir plein jusques à la hauteur AB, ce qui procède de ce que si une goutte d'eau étoit tombée dans un certain temps depuis B jusques à C, & qu'elle continuât sa vitesse acquise au point C sans l'augmenter ny diminuer, elle passeroit dans le même temps un espace double de BC: Or l'eau qui sort au commencement par l'ouverture E, a une vitesse égale à celle que la goutte tombant auroit acquise au point C, & toute l'eau qui sort a toujours la même vitesse si ce réservoir demeure plein; c'est pourquoy il en sortira deux fois autant dans les 10 minutes, qu'il en sort en la laissant écouler sans y rien ajouter, & dans 5 minutes autant qu'il en contient.

Mais la même chose n'arrive pas quand ce tuyau n'est que d'un demi pied de largeur & de 2 ou 3 pieds de hauteur, com-

me le tuyau A B C D , ayant l'ouverture K de 6 lignes : car la vitesse de l'eau qui descend pendant l'écoulement , donne une impulsion à celle qui sort, laquelle jointe au poids de l'eau , la fait aller plus vite qu'elle ne fait quand elle descend tres-lentement, ce tuyau étant fort large. J'ay trouvé plusieurs fois que si l'eau s'écouloit entierement d'un tel reservoir en 4 minutes , qu'il s'en

manquoit $\frac{1}{6}$ quand on l'entretenoit plein, qu'il n'en sortît autant pendant 2 minutes ; & si ce tuyau contenoit 24 pintes & qu'elles s'écoulassent en 4 minutes, il n'en sortoit que 20 pintes en l'entretenant plein pendant l'espace de 2 minutes, & pour en donner 24, il falloit 2 minutes & 24 secondes : ce défaut provient aussi de ce que le jet est plus retardé par le frottement & par la resistance de l'air à proportion quand il est vite , que quand il est foible, comme on l'a expliqué cy-devant , & ainsi il est toujours également retardé par ces deux causes, quand le tuyau est entretenu plein ; mais il l'est bien moins quand l'eau n'est qu'à l'a hauteur L M , & encore moins quand elle est descenduë jus-

qu'à F G. Il est vray que s'il se fait un tournoïement dans l'eau comme il arrive souvent, alors l'écoulement sera retardé & pourra recompenser l'effet de l'accélération : ce tournoïement se fait lors que le trou n'est pas dans un même plan, & que l'eau coulante sort un peu de travers en un endroit.

Dans la dernière expérience que j'ay faite sur cette matière, l'eau avoit 10 pouces de hauteur au dessus d'une ouverture de 4 lignes qui étoit coulée sur le fond intérieur du seau ; on avoit posé à côté de l'ouverture à la même hauteur un bâton où l'on avoit pris 10 pouces qu'on avoit divisés en 36 parties ; la première auprès de l'ouverture avoit une de ces parties ; la seconde 3 ; la 3^{me} 5, la 4^{me} 7, la 5^{me} 9, & la 6^{me} 11 : la première division d'en-haut s'écoûla en 39 secondes, les 2 suivantes de même ; la 4^{me} n'employoit environ que 36 secondes, & chacune des deux autres encore moins, quoyque l'eau fist alors un tournoïement ; ce qui arrivoit par l'accélération de la vitesse de l'eau, quand elle étoit sortie de l'ouverture. La même proportion s'observe encore bien moins quand l'ouverture est fort grande à proportion de la hauteur, comme si elle a son diamètre égal à la 4^{me} ou 5^{me} partie de celui de la base du cylindre ABCD :

car l'eau coulera en grande abondance, & par consequent elle accelerera beaucoup

sa vitesse en descendant, & choquera si fort celle qui fort, qu'encore qu'alors son poids soit moindre que lorsqu'elle étoit en A B, cette impulsion surpassera ce défaut, & il sortira plus d'eau par l'ouverture K quand la surfac: supérieure sera arrivée en H I ou L M, que quand elle étoit en A B. Cette verité se connoitra aisément si l'on considere

que lors-que le tuyau est tout ouvert, l'eau supérieure descend en des temps égaux selon les nombres impairs de suite 11, 9, 7, 5, 3, 1, &c. & que lors-que le tuyau est fort large, & l'ouverture fort petite, elle descend selon les nombres 7, 9, 7, 5, 3, & il suit necessairement qu'on peut proportionner les hauteurs, les largeurs, & les ouvertures du tuyau, de telle sorte qu'il se fera un temperament de vitesse tel qu'on voudra dans les écoulemens, c'est-à-dire qu'on pourra faire passer les 2 moitiés en deux temps égaux, & que la 3^{me} partie vers le bas se vuidera en un temps 3 fois moindre que le reste, & ainsi des autres parties: mais lors-que l'eau sera beaucoup

descenduë comme en F G , elle n'accelerera plus , mais elle diminuëra toujours de vitesse : car alors la préssion sera diminuëe de plus de moitié , & l'acceleration cessera necessairement de beaucoup , & alors elle ira toujours en diminuant jusques à la fin. On a experimenté dans un tuyau de verre de 5 pieds de hauteur , de 10 lignes de largeur , & de 2 lignes d'ouverture , divisé en 5 parties , que la premiere se passoit en 7 mesures de temps , la 2^{me} en 6 , la 3^{me} en 6 , & la 4^{me} en 7 , à peu près , & le reste toujours en diminuant : d'où il s'ensuit que dans un tel tuyau il y a deux endroits differens, l'un vers le haut, & l'autre vers le milieu du tuyau où l'eau descend avec la même vitesse. On voit de là qu'il est impossible que l'eau descende uniformement tout le long des vaisseaux cylindriques quelques que soient les largeurs & les hauteurs , & les ouvertures ou ajutages : car si le poids qu'elle a en H I joint à l'impulsion de sa vitesse , la fait sortir avec une certaine vitesse par K , l'impulsion de la même vitesse , si elle la conservoit, joint au poids qu'elle a en L M , qui sera la moindre , la fera sortir moins vite , & par consequent l'eau superieure descendra moins vite en L M qu'en H I ; d'où il s'ensuit que si dès le commencement l'eau superieure diminuë de vitesse ,

elle diminuëra toujours jusques à la fin.

De là on pourra juger en combien de temps un muid ou autre vaisseau pourra se vuider en le laissant écouler par une certaine ouverture : car soit A B C D un

muid de Paris posé de bout ayant une ouverture de 4 lignes en E, la hauteur ordinaire du vin entre les fonds qui est de 30 pouces ou 2 pieds & demi, par 13 pieds fait $32\frac{1}{2}$ dont la racine est 5 & $\frac{12}{17}$ à fort peu près, & comme 13 à 5 $\frac{12}{17}$

ainsi 14 à $6\frac{1}{6}$ à fort peu près : donc si l'ouverture E étoit de 3 lignes, il en sortiroit, le muid étant entretenu plein, 6 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute ; mais étant de 4 lignes, les surfaces de ces ouvertures sont comme 9 à 16 : donc comme 9 à 16 ainsi $6\frac{1}{6}$ à $10\frac{25}{27}$, c'est-à-dire à 11 un peu moins, & si 11 pintes me viennent d'une minute, quel temps me donneront 280, on trouvera environ 25 minutes & demie en entretenant toujours le vaisseau plein d'eau : donc par ce qui a été dit cy-dessus, il faudra le double de ce temps, sçavoir 51 minutes pour le lais-

fer écouler : puisque l'ouverture sera tres-petite à proportion de la largeur , les renflemens $A G D$ & $B F C$, n'apporteront point de difference considerable à ce calcul.

Il est bon de resoudre icy un Probleme assez curieux que Toricelly n'a pas entrepris de resoudre quoyqu'il l'ait proposé ; ce Probleme est de trouver un vaisseau de telle figure qu'étant percé au fond d'une petite ouverture , l'eau superieure passe en descendant des hauteurs égales en des temps égaux. Si dans la figure conoidale $B L$ est à $B N$, comme le quarré quarré de

LM est au quarré quarré de NO , & BN à BH , comme le quarré quarré de

N O au quarré quarré de H K, & ainsi de suite, l'eau descendra depuis A D C uniformément jusques à l'ouverture, qui est en B: Car soit B P la moyenne proportionnelle entre B D & B H; d'autant que les quarez quarez de K H & de D C sont entr'eux comme les hauteurs B H, B D; les quarez de H K, D C seront en raison soudoublée de B H à B D, ou comme les hauteurs B P, B D: Mais la vitesse de l'eau qui sort en B par la charge de la hauteur B D est à la vitesse de celle qui sort par la charge de la hauteur B H en raison soudoublée de B D à B H, c'est-à-dire comme B D à B P: Donc la vitesse de l'eau descendante de H, est à la vitesse de l'eau descendante de D, comme le quarré de H K au quarré de D C: Mais la surface circulaire de l'eau en H est à la surface circulaire de l'eau en D, comme le quarré de H K au quarré de D C: donc elles couleront & descendront aussi vite l'une que l'autre. Et si la surface A D C s'écoule en une seconde, la surface G H K s'écoulera aussi en une seconde, puisque les quantitez sont comme les vitesses. La même chose arrivera aux autres surfaces en E, en F &c. Mais il faut que l'ouverture en B soit tres-petite afin qu'il ne se fasse point d'acceleration considerable, & que l'eau ne sorte par l'ouverture B sensiblement, que

selon la proportion de son poids. Un tel vaisseau peut servir de Clepsidre ou Horloge d'eau.

EXPLICATION EN NOMBRES.

Soit DB 16 & BI l'unité, le carré-carré de IR sera l'unité si le carré-carré de DC est 16, & par conséquent DC sera 2 si IR est 1. Soit BH moyenne proportionnelle entre BI & BD , qui sera par conséquent 4 : la vitesse par le poids IB sera 4 si la vitesse par le poids DB est 16 : mais le cercle ou la surface IR sera 1, & le cercle DC sera 4 : donc ces quantitez seront comme leurs vitesses, & par conséquent dans le même temps les surfaces, ou les cercles DC & IR s'écouleront ; & s'il faut une seconde de temps pour écouler la surface IR , il en coulera le quadruple en même temps par une vitesse quadruple, c'est à-dire la surface DC , puisqu'elle est quadruple de l'autre. La même proportion se trouvera dans toutes les autres surfaces, qui composent toute l'eau, ou dans les solides qui ont une épaisseur indefiniment petite. On suppose dans toutes ces expériences qu'il ne se fasse point de tournoyement dans l'eau, ny de petit creux, comme dans les entonnoirs qui se vident.

R E G L E.

S'il y a deux tuyaux A B, C D d'égale hauteur, & de largeur inégale, quelle que soit cette inégalité, & que l'eau sorte de leurs fonds par des ouvertures égales, il ne sortira pas davantage d'eau

du tuyau étroit que du large en même temps, en les entretenant pleins, pourvu que le tuyau le moins large ait son diamètre environ 4 fois aussi grand que l'ouverture par où sort l'eau, & que l'eau n'ait point de mouvement circulaire dans les tuyaux : Car l'eau sortant par les ouvertures égales, élèvera des poids égaux par ce qui a été dit cy-dessus ; elle ira donc aussi vite en l'un qu'en l'autre, & par conséquent il en sortira aussi autant d'eau en même temps.

S'il y a donc un réservoir de 100 pieds de diamètre, & un d'un pied qui soient d'égale hauteur, & percés au fond ou à côté d'ouvertures égales à même hauteur des surfaces de l'eau, il en sortira autant de l'un que de l'autre en même temps.

On fait icy une question , ſçavoir ſi l'on a deux tuyaux d'un pouce de largeur , & inégaux en hauteur , par exemple l'un de 5 pieds , & l'autre de 10 , & qu'on les emplisse d'eau , s'ils donneront autant d'eau l'un que l'autre en même temps ; on répond qu'ils en donnent ſenſiblement autant l'un que l'autre , parce que l'eau dans tous les deux tombe également vite , comme deux cylindres inégaux de même matière dans le commencement de leur chute ; parce que l'air reſiſte tres-peu à l'un & à l'autre , & ils ſ'accelerent ſenſiblement de même ſelon les nombres impairs : donc ſ'il ſort 6 pieds d'eau en un certain temps de l'un , il en ſortira autant de l'autre. Que ſi l'on retr. ſſit le grand tuyau juſques à 4 lignes à ſa baſe , il donnera plus d'eau dans le premier quart de ſeconde , qu'il étoit tout ouvert : en voicy le calcul.

Le produit de 13 par 52 eſt 676 dont la racine eſt 26 , comme 13 à 26 , ainſi 14 pintes à 28 ; donc en une minute ce trou donnera 28 pintes , ou 56 livres ; & par une ouverture de 4 lignes 99 livres $\frac{1}{2}$, & en une ſeconde environ 26 onces & demie , & en un quart de ſeconde 6 onces $\frac{1}{2}$: mais en un quart de ſeconde le cylindre d'eau ne deſcend que de trois quart de pied , qui ſur une largeur d'un pouce ne vaut qu'un peu plus de 4 onces ;

donc en un quart de seconde il est sorty du grand cylindre 2 onces $\frac{1}{2}$ plus d'eau par l'ouverture de 4 lignes, que du petit cylindre tout ouvert.

IV. DISCOURS.

De la mesure des eaux courantes dans un Aqueduc, ou dans une riviere.

POur mesurer les eaux courantes dans la conduite d'un Aqueduc, ou celles d'une riviere, qu'on ne peut pas recevoir dans un vaisseau, on se servira de la methode suivante.

On mettra sur l'eau une boule de cire chargée d'un peu de matiere plus pesante, en sorte qu'il ne passe que fort peu de la cire au dessus de la surface de l'eau de peur du vent, & après avoir mesuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'Aqueduc, on reconnoitra avec un pendule à demi-secondes en combien de temps la boule de cire emportée par le cours de l'eau passera cette distance ; ensuite on multipliera la largeur de l'Aqueduc par la hauteur de l'eau, & le produit par l'espace qu'aura parcouru la cire ; le dernier produit qui est solide, marquera toute l'eau qui aura passé pendant le temps qu'on aura

remarqué, par une section de l'Aqueduc; pour faire cette operation avec justesse, il faut que le lit de l'Aqueduc ait la même pente que la superficie de l'eau qui y passe, & de plus l'on suppose que l'eau coule également vîte au fond, au dessus, & aux côtez.

E X E M P L E.

ON suppose un Aqueduc qui ait deux pieds de largeur, & que l'eau y soit haute d'un pied, & qu'en 20 secondes de temps la cire ait fait 30 pieds, ce sera un pied & demi par seconde; mais parce que l'eau va plus lentement au fond qu'au dessus, il ne faut prendre que 20 pieds; ce sera donc un pied par seconde; le produit d'un pied de hauteur par deux pieds de largeur est 2, qui multiplié par 20 de longueur, donne 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau qui font 1400 pintes en 20 secondes, & si 20 secondes donnent 1400, 60 secondes en donneront trois fois autant sçavoir 4200 pintes, & divisant 4200 par 14, qui est le nombre des pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 secondes, on trouvera le quotient de 300, qui sera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'Aqueduc.

On calculera facilement par cette manière le nombre des pouces que donne la rivière de Seine : Car puis-qu'il passe pardeffous le Pont rouge en une minute 200000 pieds cubes d'eau, si on multiplie 35, qui est le nombre des pintes que contient un pied cube, par 200000, on aura 7000000 pintes, qui étant divisées par 14 donnent 500000, qui est le nombre des pouces, que donne la rivière de Seine quand elle est dans sa médiocre hauteur.

Si l'on veut calculer de grandes ouvertures, comme une toise quarrée, il faut considérer la hauteur de la surface de l'eau au dessus du milieu de la toise ; soit par exemple 5 pieds, il y aura donc 8 pieds jusques au milieu de la toise. Le produit de 8 par 13 est 104, dont la racine quarrée est 10 & $\frac{1}{5}$ à peu près ; comme 13 à 10 $\frac{1}{5}$, ainsi 14 à 11 à fort peu près ; & parce qu'un pouce rond est 16 fois plus grand qu'un rond de 3 lignes, un pouce surmonté de 8 pieds donnera 16 fois 11 pintes, ou 176 pintes, qui divisées par 14 donnent 12 pouces $\frac{4}{7}$ pour un pouce de diametre d'ouverture. Une ouverture ronde d'un pied de diametre donne 144 fois davantage, le produit de 12 $\frac{4}{7}$ par 144 est 1810 ; le pied rond donnera donc 1810 pouces. La toise ronde contient 36 fois un rond d'un pied, le

produit de 36 par 1810 est 65160, comme 11 à 14 ainsi 65160 à 82930 : Donc la toise quarrée surmontée de 5 pieds donnera 82930 pouces.

De là on connoîtra que si l'on avoit retenu la riviere de Seine quand elle est dans sa grandeur un peu plus que mediocre, & qu'elle s'élevât jusques à 8 pieds au dessus d'une ouverture quarrée de 10 pieds & de 18 pieds de largeur, elle y passeroit toute : car il y auroit jusques au centre du cercle qui auroit 10 pieds de diametre, 13 pieds depuis la surface de l'eau retenuë, & elle donneroit par 3 lignes de diametre d'ouverture un pouce ; par un pouce de diametre elle donneroit 16 pouces ; par un pied 144 fois 16 pouces qui font 2304 pouces ; & multipliant ce nombre par 100 quarré de 10 pieds, qui est la largeur de l'ouverture, on auroit 230400 & selon la proportion du cercle au quarré circonscrit, qui est de 11 à 14, on trouveroit 293236 pouces quarrés à peu près, & y ajoûtant 8 pieds en longueur, on auroit plus de 500000 pouces, qui est ce que donne la riviere de Seine étant mediocre, comme il a été dit cy-devant ; & par consequent elle passeroit toute par une ouverture quarrée qui auroit 18 pieds de largeur & 10 de hauteur.

Si l'eau coule par un Aqueduc, ou par un Canal de riviere selon une petite pente uniforme,

forme , elle acquerera dans un mediocre espace une vitesse qu'elle n'augmentera plus : car le frottement des bords & du fond du Canal , & le renversement des parties de l'eau du dessus au dessous , & la resistance de l'air aux petites vagues qui sont en la surface , luy font perdre une partie de sa vitesse , & par consequent elle ne peut accelerer son mouvement que jusques à une certaine vitesse qu'elle acquiert en peu de temps : d'où il s'ensuit que si une riviere a coulé par un assez long espace dans une certaine pente , & qu'elle coule ensuite par une pente moins roide , c'est-à-dire par un plan moins incliné , elle diminuëra de vitesse : car puisqu'elle aura acquis dans la premiere pente toute la vitesse qu'elle y peut avoir , qu'elle n'auroit pû acquerir dans une moindre , il s'ensuit qu'elle diminuëra de vitesse peu à peu dans cette pente qui est moindre , jusques à ce qu'elle soit reduite à la vitesse qu'elle y peut acquerir.

QUATRIEME PARTIE.

DE LA HAUTEUR

DES JETS.

PREMIER DISCOURS.

De la hauteur des Jets perpendiculaires.

ON a fait voir cy-devant que les jets devoient monter à la hauteur des réservoirs : mais que le frottement au bords des ajutages, & la résistance de l'air faisoient que dans les jets fort élevez, il s'en falloit beaucoup que la hauteur du jet n'arrivât à celle du réservoir.

Pour bien expliquer les regles qu'on doit suivre pour calculer les hauteurs des jets, selon les hauteurs de l'eau des réservoirs, il faut considérer les regles suivantes.

PREMIERE REGLE.

LOrs que les tuyaux qui fournissent l'eau sont suffisamment larges, plus l'aju-

rage est large plus il pousse loin son jet. On en fait facilement l'expérience, si l'on à un muid de bœut plein d'eau, & qu'on le perce à côté vers le fond inferieur de 5 ou 6 ouvertures differentes à même hauteur horizontale, comme d'une ligne, de 2 lignes, de 4 lignes, de 6 lignes, de 10, de 12 &c. Car on verra toujours que la plus large ouverture poussera l'eau plus loin, pourvû que les ouvertures soient à même distance de la superficie de l'eau. La même chose arrivera dans des tuyaux de 3 ou 4 pouces de largeur pourvû que l'ouverture n'excede pas un pouce de diametre.

La cause de cet effet est assez aisée à expliquer si l'on considere ce qui doit arriver à des boules de bois de differens calibres : car puis-qu'elles sont l'une à l'autre en raison triplée de leurs diametres, leurs poids seront aussi en même raison ; comme aussi leur force pour surmonter la resistance de l'air : & par consequent si l'on jette avec la même vitesse une boule de deux lignes de diametre, & une autre de 4, cette derniere ira plus loin. On en voit l'expérience lors-qu'on met dans une même arme à feu de la poudre de plomb, de la dragée, & des balles ; car quoi qu'elles sortent avec la même vitesse, les dragées vont beaucoup plus loin que la poudre de

plomb, & les balles beaucoup plus loin que les dragées; & par la même raison un boulet de Canon ira plus loin qu'une petite balle de même métal poussée de même force. Il est vrai que si le réservoir n'est qu'à 2 ou 3 pieds, un jet par 8 lignes ne sera pas sensiblement différent d'un jet par 10 ou 12 lignes, & un par 4 lignes ira sensiblement aussi haut qu'un de 6 lignes: mais la différence sera très-considérable aux jets de 30, 50, & 60 pieds de hauteur, & au delà.

II. RÈGLE.

L Es jets diminuent de la hauteur du réservoir selon la raison doublée des hauteurs où ils s'élevent.

Soit A B C un re-
servoir où tuyau jail-
lissant par l'ajutage
D, & soit la hauteur
de l'eau dans le tuyau
successivement A &
E: Je dis que si la li-
gne E H est le défaut
du petit jet jusques à
E, & G A le défaut du
grand jet jusques à
A, A G sera à E H
en raison doublée de
D H à D G.

Car soit supposé que
le poids de l'air soit

au poids de l'eau comme 1 à 600, ou
 pour la facilité du calcul comme 1 à 60,
 & qu'une seule goutte ou parcelle d'air soit
 rencontrée tout auprès de la sortie de l'a-
 jutage par la première goutte d'eau du jet,
 & qu'ensuite elle monte librement comme
 dans le vuide. Il est évident par ce qui a
 été démontré dans les règles des mouve-
 mens des corps qui se choquent, que la gout-
 te d'eau perdra $\frac{1}{61}$ de sa vitesse, si cette vi-
 tesse est exprimée par 61. Soit donc DE
 61, & DH 60, & que la goutte soit re-
 tardée de $\frac{1}{61}$ à sçavoir EH. Soit maintenant
 la hauteur DA, la vitesse de la goutte sera
 à sa première vitesse en raison soudoublée
 de DE à DA, & cette goutte par la ren-
 contre d'une petite parcelle d'air perdra
 encore la 61^{me} partie de sa vitesse, &
 perdra une partie proportionnelle à HE
 selon la raison de DE à DA, soit AL
 cette diminution, DE sera à DH, comme
 DA à DL : mais comme on a supposé
 une parcelle d'air pour l'espace DE, il y
 aura autant de parcelles d'air par l'espace
 DA, à proportion que DA ou DG est plus
 grand que DE ou DH, & chaque parcel-
 le diminuant sensiblement la hauteur de la
 goutte d'eau dans la même proportion, ce
 sera une seconde raison égale à la première,
 & par conséquent AL étant à AG
 comme DE à DA, ou HE à AL ; AG

fera le défaut de hauteur de l'élevation de la goutte d'eau ; mais parce qu'il y a plusieurs parcelles d'air entre D & E , chacune desquelles retarde le mouvement de la goutte dans les mêmes proportions , le mouvement de la goutte dans l'espace D E sera beaucoup plus retardé que par la rencontre d'une seule parcelle comme on l'a supposé. Mais on peut considérer tous ces espaces d'air comme si ce n'étoit qu'une seule parcelle , & l'espace de l'air D A est aussi dans la même proportion que D A à D E , & par conséquent il faut ajouter une seconde raison égale à la première ; d'où il s'ensuit que si A L est à A G en raison doublée de D E à D A ; G A sera le défaut du jet au dessous de la hauteur de l'eau du réservoir D A , si E H est celui de la hauteur D E ; ce qu'il falloit prouver.

E X E M P L E. -

SOit D A quadruple de D E , la vitesse du jet de l'eau pressée par D A sera double de celle du jet de l'eau pressée par D E ; si l'on prend donc comme cy-dessus la hauteur D E pour 61 , la hauteur D H sera 60 ; & comme la vitesse du grand jet est double , & qu'il doit s'élever à une hauteur quadruple , il perdra par la

rencontre d'autant d'air qu'il y en a en DE, 4 fois autant de hauteur que HE, c'est-à-dire qu'au lieu que le jet devoit s'élever à DA 244, il ne s'élèvera qu'à DL 240, mais l'espace EA étant divisé en 3 parties égales, chacune sera égale à DE, & si la première fait perdre la hauteur AL, la deuxième en fera perdre autant en la même proportion que les différentes parties de DE en font perdre au premier jet : car en quelque partie du jet que ce soit, la vitesse du grand est toujours double de celle du petit ; car il y a toujours un espace quadruple de celui de l'autre à passer ; il perdra donc encore outre la première partie trois autres égales LM, MN, NG : & AL étant posée 4, AG sera 16 ; & par conséquent le défaut AG sera au défaut EH en raison doublée de DE à DA, & si EH est d'un pouce, GA sera de 16 pouces.

Le frottement change un peu ces mesures, & la complication des espaces de l'air qui résiste : car dans les grands jets il s'en faudra beaucoup que l'espace de l'air passé soit en la raison des hauteurs des réservoirs, ce qui doit un peu diminuer du défaut, & c'est la hauteur des jets qu'il faut considérer, & ainsi si HD est 60, DG sera 240, le petit réservoir étant à 60 pieds, & le grand étant à 256 pieds.

Sur cette supposition. il sera facile de calculer les hauteurs des jets à toutes les hauteurs des réservoirs une seule étant connue, comme celle d'un réservoir de 5 pieds, laquelle comme il a été trouvé par plusieurs expériences, manque d'un pouce. Si donc on prend qu'un jet de 5 pieds dont l'eau qui le fournit n'est point serrée & coule facilement dans les tuyaux, doit avoir la surface de l'eau supérieure de son réservoir à 5 pieds un pouce, un jet de 10 pieds aura la hauteur de son réservoir à 10 pieds 4 pouces, celui de 15 pieds à 15 pieds 9 pouces, celui de 20 pieds à 20 pieds 16 pouces, & ainsi de suite selon les quarrés de suite. On ne fait point le calcul en diminuant les hauteurs des réservoirs : car si l'on avoit pris un réservoir de 100 pieds, il en faudroit diminuer 400 pouces, c'est à dire 33 pieds $\frac{1}{3}$; un de 200 pieds auroit de diminution environ 133 pieds; & un de 400 pieds le quadruple de 133 pieds, sçavoir 532, & par conséquent il ne jailliroit point du tout; ce qui est impossible : car les jets jusques à cette hauteur doivent toujours augmenter : mais il faut prendre que le jet de 200 pieds de hauteur aura son réservoir à 333 pieds, & un jet de 400 pieds à 932 pieds.

Pour

Pour toutes les différentes hauteurs on se servira de la Table suivante.

Hauteur du Jet. Hauteur du Reservoir.

5. pieds	5. pieds	1. pouce.
10.	10.	4.
15.	15.	9.
20.	20.	16.
25.	25.	25.
30.	30.	36. ou 33. pieds;
35.	35.	49.
40.	40.	64.
45.	45.	81.
50.	50.	100.
55.	55.	121.
60.	60.	144. ou 72. pi.
65.	65.	169.
70.	70.	196.
75.	75.	225.
80.	80.	256.
85.	85.	289.
90.	90.	324. ou 117. pi.
95.	95.	361.
100.	100.	400.

Ainsi le jet de 30 pieds aura 33 pieds de reservoir; celui de 60 pieds 72 pieds, celui de 90 pieds 117 pieds; celui de 100 pieds 133 pieds $\frac{2}{3}$; celui de 120 pieds 168 pieds: il ne faut point de table plus long.

gue , car il n'est pas ordinaire de faire une hauteur de reservoir de 168 pieds ; & un jet de 120 pieds se dissiperoit par sa violence en petites gouttes imperceptibles , comme celles d'un broüillard ; les tuyaux pourroient se rompre ; & lorsque les tuyaux sont étroits , ou que le trou du robinet qu'on tourne pour faire passer l'eau , est beaucoup plus étroit que le reste du tuyau , les petits jets défailent beaucoup plus que selon ces mesures ; & alors il sort beaucoup moins d'eau qu'à proportion des hauteurs des reservoirs.

On calculera alors la dépense de l'eau selon les hauteurs des reservoirs , auxquelles conviennent les hauteurs des jets ; comme si un reservoir de 30 pieds ne donne un jet que de 20 pieds par le défaut de l'empeschement de sa conduite ou d'autres choses , alors il faudra calculer la dépense de l'eau , comme si le reservoir étoit à 21 pieds 4 pouces avec une largeur de conduite suffisante.

Pour connoître les diminutions des hauteurs plus que selon la regle quand les trous sont petits , j'ay fait les experiences suivantes.

Le jet par une ligne à un tuyau de 4 pieds & demi manquoit de près de 6 pouces.

A un tuyau de 14 pieds il manquoit de 3 pieds.

A un de 27 il manquoit d'environ 8 pieds ; ce qui montre que les jets étroits ne jaillissent pas à leur véritable hauteur.

Pour connoître sans calcul la hauteur des jets avant même que d'en faire aucune experience, il faut avoir une balle de plomb & une de bois, chacune de 5 lignes de diametre, & les jetter avec même force en haut : si celle de plomb s'éleve à 27 pieds, & celle de bois à 24 pieds $\frac{1}{2}$, ce sera une marque qu'un reservoir de 27 pieds ne fera son jet que de 24' pieds $\frac{1}{2}$ par un trou de 5 lignes : car encore que la balle de bois soit plus légère que l'eau, le plomb est aussi un peu retardé par l'air ; & si l'on jette le même plomb avec une petite balle de bois d'une ligne, & que le plomb aille à 14 pieds, & la petite balle à 11, ce sera une marque qu'un jet par une ligne à un reservoir de 14 pieds ne montera qu'à 11 pieds.

Pour confirmer cette regle on a fait les autres experiences suivantes.

On a pris un tuyau de 3 pouces de largeur au haut duquel on avoit soudé un tambour d'un pied de diametre. La figure du tuyau étoit comme en la figure A B C D , la partie d'en bas étoit recourbée. On mit le reservoir A B à différentes hauteurs pour faire différentes expériences.

L'eau du reservoir étant à 24 pieds 5 pouces plus haut que l'ouverture D, le jet est monté à 22 pieds 10 pouces ; l'ouverture de l'ajutage étoit de 6 lignes ; le carré de $22\frac{5}{6}$ est $521\frac{13}{36}$. C'est pourquoi nous faisons que comme 25 carré de 5, est à $521\frac{13}{36}$, ainsi 1 pouce de hauteur de reservoir par dessus 5 pieds, est un peu moins de 21 pouces, qui doivent être ajoutés aux 22 pieds 10 pouces pour avoir la hauteur du reservoir suivant les mesures de la Table précédente ; ce qui fait 24 pieds & près de 7 pouces, ce qui s'accorde assez bien avec l'expérience.

Le jet de 4 lignes à la même hauteur

de reservoir n'est monté qu'à 22 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$, & n'a été plus bas que d'un pouce ou 1 pouce & demi, que celui dont l'ajutage étoit de 6 lignes : mais celui de 3 lignes a été plus bas que celui de 6 lignes de près de 8 pouces, & n'a été qu'à 22 pieds 2 pouces.

Un reservoir de 12 pieds $\frac{1}{5}$ a fait sauter le jet de 6 lignes à 12 pieds, c'est un peu plus que selon la regle.

Un autre reservoir à 5 pieds $\frac{1}{2}$ de hauteur dans une conduite fort large, les ajutages étant de 3 lignes, de 4 lignes, & de 6 lignes, les jets ont jailli à peu près à 25 lignes au dessous de la surface de l'eau du reservoir, & celui de 3 lignes ne différerait de celui de 6 lignes que d'une ligne à peu près. Par le calcul le carré de 5 $\frac{1}{2}$ est 30 $\frac{1}{4}$, & par la regle 25 pieds est à 1 pouce, comme 30 $\frac{1}{4}$ à 1 $\frac{1}{5}$ un peu plus, ce qui donneroit la hauteur du reservoir seulement moindre d'une demi-ligne, que par l'expérience, ce qui n'est pas possible d'observer.

Les petits jets dans les petites hauteurs perdent fort peu par le choq de l'air, & ne sont gueres moins hauts que ceux de 6 lignes, pourvû que les tuyaux soient suffisamment larges ; le surplus de la longueur n'augmente point la hauteur du

jet, ny la quantité de l'écoulement, ou de la dépense de l'eau lors qu'on entretient les tuyaux pleins. Car le jet qui peut soutenir l'eau qui doit sortir, est toujours d'égale force, & supporte des poids selon la grandeur de l'ouverture de l'ajutage.

Le reservoir étant de 26 pieds 1 ponce, le trou de 6 lignes a jailli à 24 pieds 2 ou 3 pouces, & par la regle le quarré de $24\frac{1}{2}$ étant $588\frac{1}{16}$, comme 25 est à $588\frac{1}{16}$, ainsi 1 ponce à 23 pouces $\frac{1}{2}$ à peu près, qui doivent être ajoûtez à 24 pieds 2 pouces pour faire la hauteur du reservoir, qui fera donc de 26 pieds 1 ponce $\frac{1}{2}$, comme l'experience le fait voir.

La même hauteur de reservoir avec un ajutage de 10 lignes a fait jaillir le jet à 23 pieds 9 pouces, & par un ajutage de 3 lignes il a jailli à 22 pieds. Dans la premiere de ces experiences le defect de la hauteur procede de ce que l'ajutage étoit trop large pour une conduite de 3 pouces, & que l'eau y allant fort vîte avoit beaucoup de frottement; & dans la seconde c'étoit la petitesse du jet, qui ayant beaucoup d'air à traverser étoit considerablement retardé, & sa hauteur diminuée, comme il a été expliqué en la premiere & seconde consideration.

L'eau du reservoir étant à 35 pieds de hauteur moins un demi-pouce, par un ajutage de 6 lignes, le jet est allé à 31 pieds 8 ou 9 pouces; & par la regle le quarré de 31 pieds $\frac{1}{2}$ étant 1002 à peu près, & 25 est à 1002, comme 1 à 40 pouces à peu près, c'est à dire 3 pieds 4 pouces, qui étant ajoûtez à 31 pieds 8 pouces, font 35 pieds; ainsi cette experience est conforme à la regle.

Pour le même reservoir l'ajutage de 3 lignes a jailli à 28 pieds; celui de 4 lignes jusques à 30 pieds; & un de 15 lignes à 27 pieds seulement par les mêmes raisons qui ont été dites; sçavoir qu'en cette derniere experience la conduite du tuyau n'étoit pas assez large pour la grosseur du jet & pour la dépense de l'eau; & dans les deux premieres, que la hauteur étant grande, l'air resistoit trop au petit jet de 3 & 4 lignes.

J'ay fait encore des experiences avec un reservoir de 50 pieds de hauteur, & les jets ont suivi les mêmes regles, l'ajutage de 6 ou 7 lignes faisoit les jets les plus hauts.

Lors qu'il y a un large reservoir comme d'un pied au haut d'un tuyau de 50 ou 60 pieds de hauteur, & de 3 pouces de largeur; il arrive que lors qu'on laisse

aller un jet de 9 ou 10 lignes, il ne monte pas si haut qu'il devroit faire suivant cette hauteur de reservoir ; car l'eau du reservoir ne peut pas venir assez vite des côtes qui sont éloignées du trou pour entrer dans le tuyau, & il s'y fait ordinairement une espece d'entonnoir entournoyant à cause de la trop grande dépense de l'eau qui se fait par l'ajutage joint au frottement dans le tuyau, comme il a été expliqué cy-devant. De là il arrive un effet assez surprenant, qui est que lorsque le jet est allé d'abord à une hauteur comme de 45 pieds, il diminue, & ne va qu'à 44 pieds, & ensuite il remonte à 46, ou à 47, ce qui arrive dès que l'air peut entrer par l'ouverture du tambour : car alors, outre l'acceleration de l'eau qui va plus vite, la hauteur du jet se fait selon la hauteur de l'eau depuis le fond du tambour, & elle n'est plus retenue par l'eau supérieure : cette raison est confirmée par l'expérience suivante.

On fit faire un reservoir de 6 pieds de hauteur comme A B C D, & à un pied au dessous du plus haut on fouda une platine en dedans representée par E F percée d'une ouverture de 8 lignes de diametre en G. On y versoit de l'eau jus-

ques à ce qu'elle commençât à couler par

l'ajutage D, & l'on fermoit cette ouverture achevant de remplir le reservoir. Pour avoir plutôt fait il faut faire un petit trou au dessous de F comme en K, afin que l'eau entrant dans le reservoir par l'ouverture G, l'air puisse en sortir facilement, & le fermer ensuite quand le tuyau sera plein jusques à EF pour pouvoir achever de remplir le reservoir jusques en AB. Ce reservoir étant plein, on laissoit couler l'ouverture D, & le jet montoit au commencement.

comme jusques en I, & diminuoit peu à peu jusques à ce que l'eau fût au dessous de la platine ; car alors l'eau s'élevoit jusques vers K.

La cause de cet effet est la même que celle du plus grand écoulement de l'eau, lors qu'on met un tuyau étroit à l'ouverture d'un large réservoir : car alors l'eau coule par le cylindre d'eau G L M D, de même que si c'étoit un tuyau, le reste de l'eau n'ayant point de mouvement considérable à cause de la platine : mais lorsque l'eau est au dessous de G, & que l'air commence à y passer, toute l'eau E F M est libre pour agir sur D, & il doit jaillir jusque près de F. L'effet fera encore plus merveilleux si le trou D est de 6 ou 7 lignes, & le trou G de 3 ou 4 ; car le jet n'ira pas d'abord plus haut qu'en N, & décroîtra comme jusques en O, & l'eau étant au dessous de G, il remontera jusque près de F.

De même s'il y a un syphon, comme A B D C, qui fasse couler l'eau d'un seau E F dont la surface est I K, par B H D C elle jaillira par un petit trou comme jusques en H ; & si le syphon étoit moins long, le jet s'éleveroit moins haut depuis son ouverture en C : mais lors qu'il n'y aura plus d'eau dans le

seau au dessus de A, le tuyau se vuidera depuis A jusque vers B, & lors-que le haut de l'eau sera en B, elle jaillira jusques en I. si le siphon est de 5 ou 6 lignes de

largeur, & l'ouverture C petite comme de deux lignes, parce qu'alors la vitesse se fait par la hauteur CB, & au commencement elle ne se faisoit que par la hauteur CK, & diminuoit toujours jusques à ce que l'eau du seau fût au dessous de A.

Il semble que c'est le poids de l'eau qui fait faire au jet l'élevation pour se reduire à l'équilibre, & que si l'on pressoit l'eau qui est proche de l'ajutage par un poids égal à celui de l'eau du tuyau, le jet iroit aussi haut : Voicy une experience que j'en ay faite pour le prouver.

ABC est un tuyau de verre d'un pouce & demi de largeur, & sa hauteur DA

est d'un pied , l'ajutage ou l'ouverture C est de 2 lignes $\frac{1}{2}$; on verse du mercure par A jusques à ce que le fond EF en soit rempli : on met ensuite de l'eau doucement en l'espace CF , après on ferme l'ouverture C avec le pouce , & l'on acheve de remplir de mercure le tuyau jusques en A. Lors-qu'on leve le pouce de dessus l'ouverture C , l'eau CF s'élève jusques à 12 ou 13 pieds à peu près. La cause de cette grande élévation est la pesanteur spécifique du poids du mercure , qui est à celle de l'eau comme 14 à 1. Par conséquent un pied de mercure en DA pesera autant que 14 pieds d'eau , qui seroient dans un plus grand tuyau , & feront le même effort pour faire jaillir l'eau par C. Et parce qu'un réservoir de 14 pieds , fait jaillir l'eau à 13 pieds environ , un pied de mercure doit faire le même effet. Il n'importe pas que le tuyau soit large ou étroit , pourvû qu'il soit proportionné à l'ouverture C.

Il s'ensuivra de semblables effets par des

poids posez sur une siringue , au lieu du poids de l'eau ou du vif argent.

Soit par exemple A B C D une siringue

de 3 pouces de largeur ayant à sa sortie une ouverture de 4 lignes en E , le piston est F G , qui a une platine H I au dessous de son manche , auquel elle est attachée afin que la siringue puisse se soutenir droite , le piston étant dedans ; il y a de

l'eau depuis le haut du piston L jusqu'en E. M N, O P sont deux bâtons attachez au corps de la siringue, d'où l'on suspend deux poids égaux Q & R avec deux cordes de part & d'autre de la siringue : Je dis que si ces deux poids pesent 20 livres, le jet jaillira par E aussi haut, que si un reservoir, qui auroit communication avec l'ouverture E, & dont le tuyau qui renfermeroit l'eau, seroit égal en grosseur au corps de la siringue A B C D, étoit assez haut pour contenir de l'eau pesant 20 livres. Or le tuyau étant large de 3 pouces, il aura 9 pouces de surface, dont chacun pese 6 onces & $\frac{1}{8}$; c'est donc 55 onces, ou 3 livres 7 onces sur chaque pied de hauteur; & si le reservoir étoit de 6 pieds, ce seroit 20 livres 10 onces : donc le jet iroit environ à 6 pieds, supposant que le frottement du piston ne fût que de la valeur de 10 onces : ainsi si les deux poids étoient de 40 livres, ils feroient jaillir l'eau à 12 pieds à peu près; & s'ils étoient de 100 livres, elle jailliroit comme si le tuyau étoit de 30 pieds de hauteur.

Mais si l'on fait un tambour de cuivre G K P H, dont la platine supérieure soit bien épaisse pour soute-

nir un grand effort , & qu'on y mette un cylindre creux IL ; le tambour étant rempli d'eau jusqu'à MN, qu'il y ait une ouverture O pour y siringuer de l'air par

le moyen d'une soupape qui sera en dedans ; ayant fermé le trou Z lorsque l'air sera condensé 4 fois , son effort sera égal à 4 fois 32 pieds d'eau ; & si le tambour étoit d'un pied de diametre , chaque pied d'eau de hauteur peseroit 55 livres , ce seroit donc 128 fois 55 livres , ou 7040 livres ; il faudroit donc la force de 7040 livres pour condenser l'air 4 fois : mais l'ouverture O étoit d'un quart de pouce , & la base H P d'un pied , la proportion seroit comme 1 à 2304 , & la force de 4 livres feroit entrer de l'air jusques à 4 fois ce nombre , c'est-à-dire jusques à porter le poids de 9216 livres ; il porteroit donc autant

de poids que celui de 128 pied d'eau, & par conséquent lors-qu'on ouvreroit l'ouverture Z, le jet iroit à près de 100 pieds.

Que si le tambour étoit plus large, l'air qui seroit entre M N & G K, ne seroit pas plus difficile à condenser par l'ouverture O, comme il a été prouvé dans le Traité de la Percussion, & il ne laisseroit pas de faire le même effort pour jaillir jusques à 128 pieds de hauteur, qu'un tuyau de toute la largeur plein d'eau.

J'ay fait encore l'expérience suivante. J'ay pris deux siringues inégales, l'une avoit 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diametre. & l'autre $3\frac{1}{4}$; dans celle de 2 pouces $\frac{1}{4}$ cinq livres de poids faisoient descendre le piston à vuide; & ayant empli toute la siringue, & poussant le piston avec une force qui valoit à peu près 12 livres, j'ay fait élever l'eau par un trou de 8 lignes à 4 pieds à peu près: Or un pied de hauteur du tuyau de la siringue vaut à peu près 32 onces ou 2 livres, & 4 pieds valent environ 8 livres: Si donc l'effort étoit de 13 livres, ôtant 5 livres pour le frottement du piston, il restoit 8 livres pour le poids équivalent de l'eau d'un reservoir de 4 pieds de haut un peu plus, & de 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diametre:

l'autre

l'autre siringue donna les mêmes choses à proportion.

Si l'on pousse le piston A B K I

dans son corps de pompe C D F E, qui
C e

soit retressi plus haut, & comme on le voit en la figure I H, le grand frottement de l'eau le long du tuyau étroit, G I H, arrête considerablement la force de l'impulsion pour y faire passer l'eau contenuë en ABEF, & elle y passeroit mieux si cette conduite n'alloit que jusques en I, & beaucoup mieux si la conduite étoit plus large que le corps de pompe où le piston jouë comme L M N O, ce qu'il faudra considerer quand on élève de l'eau par des pompes à des grandes hauteurs.

Enfin on peut pousser un jet bien haut.

selon la methode suivante. Ayez un vaisseau A B C cylindrique de cuivre,

rond par le haut de deux pieds de hauteur & de 8 pouces de largeur , posé & attaché ferme sur un plan de bois ou de fer &c. Ayez à côté une siringue ou corps de pompe D E F avec son piston N Q , & une soupape au bas , comme on fait ordinairement dans les pompes , & que le piston en descendant avec la force d'un homme ou de deux , fasse par compression entrer l'eau dans le vaisseau par le tuyau G H garny de sa soupape en H , comme il a été enseigné au commencement de ce Traité ; mettez à côté du cylindre creux ou vaisseau un autre tuyau I L recourbé vers le haut , où il y ait un ajutage de 12 lignes à son extrémité L ; si l'on ajuste encore aux deux côtez du vaisseau deux autres pompes semblables à celle - cy , on y pourra faire entrer une tres grande quantité d'eau. Les pistons pourront être attachés à des extremités de levier comme N pour avoir plus de force , étant attaché à l'appuy en O. Lors-qu'on fera jouer les pistons par le moyen des leviers , l'eau entrera dans le vaisseau A B C , & passera au commencement dans le tuyau I L avec une mediocre force ; mais en continuant , on poussera tant d'eau , qu'elle ne pourra pas sortir toute.

par l'ajutage L ; alors elle s'élèvera comme jusques en P , & condensera l'air enfermé dans le haut du vaisseau ; & si l'on pousse encore l'eau avec plus de force , elle montera plus haut , comme en R , condensant l'air de plus en plus ; & quand il le fera 8 fois plus qu'à l'ordinaire , il pressera l'eau R S H I pour la faire sortir par I L , comme s'il y avoit 7 fois 32 pieds d'eau au dessus de H I , c'est-à-dire 224 pieds , ce qui feroit un jet d'eau par l'ajutage L de plus de 120 pieds de hauteur. Mais il faut que les trois pompes puissent fournir assez d'eau : car l'ajutage L de 12 lignes en dépensera plus de 64 pouces.

L'air se condensant à proportion des poids dont il est chargé , si l'on fait une machine A B composée d'un coffre E F G H plein d'eau jusques à la ligne I L un peu au dessous de E F , & un tuyau M N , qui soit bien soudé en M & en O avec les deux platines E F , G H qui font le dessus & le dessous du coffre , afin que l'air ny entre point ; le coffre E G servira de réservoir. Il faut qu'il y ait encore un autre coffre égal au premier comme C D T K plein d'air , auquel le tuyau M N soit bien soudé. Lors-qu'on versera de l'eau par M , elle

descendra par N jusques à K T, &

étant montée jusques en P Q, l'air contenu dans l'espace QPCD, & dans le tuyau X Y bien soudé aux deux coffres, ne pourra pas sortir par A, & se condensera peu à peu jusques à ce qu'il se fasse équilibre entre le poids de l'eau en MN, & le ressort de l'air enfermé. Par exemple si l'eau s'est élevée jusques en R S, l'air contenu en l'espace CDSR,

dans le tuyau XY , & dans l'espace $E I F L$, fera condensé par le poids de l'eau MS , & pressera l'eau $I H G L$; alors si l'on ouvre l'ajutage A , dont le tuyau descend près de $H G$ vers V , l'eau jaillira de la hauteur $A Z$ égale à peu près à la hauteur MS , parce que l'air pressé par la hauteur de l'eau MS , fait le même effort sur l'eau $I G$, que si le tuyau MS plein d'eau étoit au dessus de l'eau $I L$; & l'eau qui tombera du jet passant par M , rentrera dans le coffre inférieur, & par ce moyen le jet durera jusques à ce que toute l'eau qui est depuis l'extrémité V du tuyau AV jusques à l'extrémité Y du tuyau XY , soit sortie en jaillissant. Cette machine porte le nom de Heron; il l'a décrite dans son *Traité*, intitulé, *de spiritalibus*, suivant la traduction de Commandin.

On peut faire jaillir cette eau beaucoup plus haut en augmentant la hauteur du tuyau $M N$.

La beauté des jets d'eau consiste en leur uniformité & transparence au sortir de l'ajutage sans s'écarter que bien peu au plus haut du jet. On a cherché plusieurs manieres pour faire les ajutages, dont il y en a qu'on doit preferer aux autres pour plusieurs raisons. Les plus mauvais sont ceux qui sont en cylindre : car

ils arrêtent beaucoup la hauteur du jet, les coniques l'arrêtent moins ; mais la meilleure maniere c'est de percer la platine horizontale qui ferme l'extrémité du tuyau de la conduite , d'une ouverture lisse & polie , prenant garde que la platine soit parfaitement plane , polie , & uniforme. Voicy quel-

ques experiences que j'en ay faites. Ayant un tuyau de fer blanc A B C de 15 pieds de hauteur , & l'ayant percé en D d'un trou de 3 lignes , le jet étoit parfaitement beau , & alloit à 14 pieds : mais le tuyau ayant été fait plus haut jusques à 27 pieds , & y ayant fait une ouverture de 6 li-

gnes , le jet n'alla qu'à 12 pieds en s'écartant beaucoup , & se separant en plusieurs gouttes ce qui procedoit de ce

que l'eau qui entretenoit le jet , étant poussée de travers avec force , comme on le voit en la figure 2^{me} cy jointe , qui représente une portion du tuyau B C. Car l'eau E D & F D qui vient par les côtez , a une grande vitesse de travers , qui la porte en D L & en D M ; & G D est portée en D N , & H D en D O , ce qui écarte le jet , parce que le peu d'eau qui vient directement de P en D , ne suffit pas pour redresser le jet.

Pour éviter ce défaut je fis mettre en

D un ajutage d'un pouce de longueur , & d'un pouce de largeur , comme on voit dans la figure 3^{me},

où B C D représente la partie B C D de la première figure ; on perça d'une ouverture de 6 lignes le petit tuyau montant D Q en Q ; alors le jet fut plus beau , & s'éleva à 3 ou 4 pieds plus haut.

Je fis faire ensuite l'extrémité de la conduite selon la figure courbe ILMNOP dans la 4^{me} figure , & dans la platine Q P , je fis mettre un ajutage semblable à la figure marquée 5 , il étoit un peu en

en cone ,
mais il y
avoit une
platine inter-
rieure repre-
sentée par
E Q, qui
laissoit une
ouverture
d'un pouce
au milieu &
la platine su-
perieure A
I B étoit
percée en
I au milieu
d'une ou-
verture de 6

lignes, ce qui étoit fait afin, qu'il n'y eût
point de frottement qu'au bord de la pla-
tine E Q en dedans : car il n'y en pouvoit
avoir que tres-peu en E A & B Q : mais
cela réussit tres-mal : car le jet alla moins
haut, & s'écarta plus qu'il n'avoit fait par
un simple ajutage en cone, ce qui pouvoit
venir des mouvemens differens de l'eau, qui
ayant passé par Q E, choquoit avec violen-
ce la platine A B à côté de son ouverture, &
se reflechissant elle empêchoit le reste de
l'eau de sortir droit. Enfin je fis mettre
une platine bien polie en P Q dans la 4^{me}
D d

figure percée d'une ouverture de 6 lignes bien ronde & polie ; alors le jet fut tres-beau, & s'éleva à 32 pieds, le reservoir étant à 35 pieds 5 pouces, au lieu que les autres jets ne s'élevoient qu'à 27 ou 28 pieds ; ce qui arrive parce que l'eau prend la direction de son mouvement depuis R, & qu'il en vient peu lateralement des côtez Y & Z, qui ne laissent pas de contribuer à la direction du jet, la platine étant tres-polie, & tout étant égal de part & d'autre, & arrêtant également le mouvement lateral l'une de l'autre : Or le jet par cet ajustage s'élevoit jusques à 22 pieds sans se separer sinon en retombant, & s'arrêtoit fort peu au haut quand il alloit à 32 pieds, & beaucoup moins que par les autres ajustages. J'ay veu une platine percée d'un trou de 4 lignes & de 6 ou 7 petits alentour, qui faisoient une espece de gerbe dont tous les jets étoient tres-beaux & transparens, & celui du milieu s'élevoit à 18 pieds.

Les jets s'élargissent necessairement à mesure qu'ils s'élevent, dont la raison est ; qu'ils diminuent peu à peu de vitesse, & parce que c'est la même eau qui par sa viscosité se tient unie sans se separer, il faut qu'elle occupe plus de place à l'endroit où elle va moins vite selon la proportion de la vitesse à la vitesse.

Par la même raison l'eau qui s'écoule par un trou de 5 ou 6 lignes, lors-qu'elle n'est dans le reservoir qu'à la hauteur de 3 ou 4 pouces, va toujours en s'étroissant jusques à se reduire en gouttes quand le filet d'eau est devenu trop petit : car il ne doit y avoir qu'une même quantité d'eau dans tous les espaces qu'elle parcourt en tombant, lesquels en des temps égaux sont entr'eux comme les nombres impairs de suite ; d'où l'on voit que le filet de l'eau deviendrait à la fin plus délié qu'un cheveu : mais avant que d'en venir jusqu'à ce point, elle se separe & se divise en gouttes, qui accelerent toujours leur mouvement jusques à ce qu'elles ayent acquis leur plus grande vitesse.

Il ne faut pas regler la dépense de l'eau par la hauteur des jets, mais par la vitesse de sa sortie par l'ajutage. Or dans les ajutages d'une ligne, ou de deux lignes, les jets ne vont pas si haut à la même hauteur de reservoir que ceux de 5 ou 6 lignes, & cependant ils donnent de l'eau sensiblement dans la proportion de leurs ouvertures, comme l'on a veu. Pour connoître les causes de ces effets differens, il faut considerer, que les petits globes sont aux grands en raison triplée de leurs diametres : mais ils sont retardez dans leur mouvement par l'air selon les surfaces de

leurs grands cercles , & ils forcent cette résistance de l'air selon les différences de leurs poids , comme il a été expliqué cy devant. D'où il arrive que si l'on tire un mousquet chargé de balles , & de menuës dragées de plomb , les balles iront bien plus loin que les menuës dragées , quoi qu'elles sortent du mousquet avec les mêmes vitesses comme nous l'avons expliqué. La même chose se doit entendre des petits ajutages & des grands , qui ont une même hauteur de réservoir : car quoi qu'à la sortie des ajutages ils aillent à fort peu près aussi vite l'un que l'autre , lors-qu'ils passent beaucoup d'air , les petits jets sont retardez depuis leur sortie jusques à leur plus grande hauteur beaucoup plus à proportion que les gros jets ; & par conséquent les gros iront beaucoup plus haut que les petits , mais ils ne donneront pas plus d'eau à proportion , ou du moins gueres plus , puis-qu'elle ne doit s'estimer que par la vitesse qu'ont les jets à leur première sortie de l'ajutage , qui est à fort peu près égale dans les petits ajutages & dans les grands.

Lors-qu'on a un jet d'eau entretenu par une quantité suffisante d'eau , & qu'on perce le tuyau de la conduite par une ouverture égale à celle de l'ajutage pour se servir de l'eau qui en sort , on trouvera la di-

minution du premier jet en cette sorte.

Soit A B C D un reservoir à 13 pieds de hauteur par dessus l'ajutage H de 6 lignes

d'ouverture, le jet doit être d'environ 12 pieds $\frac{1}{2}$ si la conduite est de 3 pouces de largeur. On fait un trou en I de 6 lignes d'où fort l'eau I E ; le jet H M dépense 4 pouces d'eau par les regles qui ont été données ; & parce qu'il en doit sortir autant à fort peu près par le trou I, la conduite est trop étroite pour donner la même hauteur à deux jets égaux à H M ; c'est pourquoi aussi-tôt qu'on laissera couler l'eau I L, le jet H M diminuëra un peu,

& à cause que les deux trous H & I donnent 8 pouces à peu près, & que l'eau N O, qui fournit l'eau au réservoir, n'est que de 4 pouces par supposition, le réservoir se vuidera peu à peu s'il est bien spacieux, & fort vite, s'il ne contient qu'un demi muid ou 100 pintes. Il faut donc que l'eau descende dans le tuyau jusques à ce que le jet H M ne donne que 2 pouces : car alors le trou I donnant aussi 2 pouces, toute l'eau N O sera employée. Or 13 pieds est à sa moitié $6\frac{1}{2}$, comme $6\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{4}$; donc la hauteur de l'eau étant P Q de 3 pieds $\frac{1}{4}$ au dessus de H, le jet ne pourra être que de 3 pieds 2 pouces quelques lignes selon les regles cy-dessus : & par consequent on verra décroître le jet H M jusques à ce qu'il n'ait plus que 3 pieds 2 pouces quelques lignes, & l'eau N O entretiendra la hauteur de l'eau à la hauteur Q P.

Que si l'on referme le trou I, le jet par H commencera à croître jusques à ce qu'il aille en H M, & à même temps l'eau de la conduite s'élèvera au dessus de P jusques à ce qu'elle soit dans le réservoir A H à sa premiere hauteur : on se reglera de même dans les autres cas semblables.

Si les hauteurs des réservoirs étoient extrêmement grandes, les jets se dissiperoient par la rencontre & par le choq violent de l'air, & au lieu d'aller plus haut

que les jets de quelques reservoirs moins hauts, ils iroient beaucoup moins haut.

J'en ay fait les experiences suivantes.

On mit dans une arbaleste un petit tuyau d'un pouce de largeur & de 8 pouces de longueur, attaché fortement dans la coche de la corde de l'arbaleste, & l'ayant baïndée on la leva perpendiculairement, & on emplit d'eau le petit tuyau; l'eau étant poussée par la force de l'arbaleste sortit, & rencontrant l'air avec violence s'écarta beaucoup: ceux qui étoient à côté ne virent pas monter le jet: mais ils virent tomber plusieurs petites gouttes à plus de 20 pieds à la ronde de celui qui tenoit l'arbaleste, lequel asséura avoir veu monter l'eau jusques à 30 pieds environ: or cette vitesse convenoit à un reservoir de plus de 600 pieds, & le jet devoit être de 300 pieds selon les regles.

AUTRE EXPERIENCE.

J'ay fait charger plusieurs fois un pistolet de 4 pouces de hauteur d'eau au lieu de balles, & tirant cette eau de 20 pieds contre une porte en élevant le pistolet selon un angle de 45 degrez à peu près pour empêcher l'eau de tomber, il n'y en alla pas une goutte. Je le fis tirer une seconde fois de 10 pieds, & il arriva la même

chose ; & quand celui qui avoit tiré s'avançoit , & levait le visage en haut , il sentoît tomber de petites gouttes. Enfin on le tira de 7 pieds contre un papier mis au haut d'une porte , alors le papier fut tout mouillé , & l'on trouva que l'eau s'étoit écartée jusques à 2 pieds de diametre ; & l'ayant tiré encore une autre fois de 8 pieds de distance le papier ne fut pas mouillé. Si l'on calcule cette eau comme un cylindre de 5 lignes de largeur & de 4 pouces de hauteur , & qu'on divise le produit par une surface de 2 pieds de largeur , on trouvera que son épaisseur ne sera qu'environ $\frac{1}{70}$ de ligne ; car le solide du carré de 5 par 48 est 1200 , & le solide du carré de 288 lignes par $\frac{1}{70}$ est un peu moindre que 1200 lignes cubiques , & le cylindre étroit est de 943 lignes cubiques , & celui de deux pieds de diametre pour sa base est de 931 : il arrive donc que l'eau étant reduite encore à une plus petite épaisseur comme quand on la tire de 10 pieds de distance , elle se separe en petites gouttes dont quelques-unes s'élevent en vapeurs , & les autres retombent : mais elles sont imperceptibles.

On voit le même effet quand une bouteille de savon se rompt : car les particules de son eau qui sont trop menuës , s'élevent en vapeurs visibles , & le reste tombe. Un

filer d'eau par un trou d'une demi-ligne au dessous de 100 pieds de hauteur rencontrant la main en jaillissant de travers, se mettoit aussi en vapeurs.

On pourroit objecter que si l'on tiroit de l'eau dans un canon, qui eût un pied de calibre, l'eau iroit plus loin que 100 pieds, on en demeure d'accord : mais elle n'ira pas à 100 pieds, comme on peut le prouver, & l'experimenter.

Or cette vitesse est si grande qu'aucun reservoir accessible n'en peut donner une pareille : car puisque la premiere vitesse de l'eau qui en sortiroit, feroit 1000 pieds en une seconde comme fait le son, supposons que le reservoir soit à 10000 pieds de hauteur, & que la vitesse d'un globe d'eau d'un pied fasse en tombant 13 pieds en une seconde, elle fera 26 pieds horizontalement : le produit de 13 par 10000 est 130000, dont la racine quarrée est environ 360 ; comme 13 à 360 ainsi une seconde à 28 à peu près. Si l'on suppose donc qu'un globe d'eau d'un pied accelere selon les nombres impairs de suite, ce qu'il ne fait pas pourtant que jusques à une mediocre distance, il tombera de 10000 pieds en 28 secondes, & fera 20000 pieds horizontalement par une vitesse uniforme égale à la vitesse acquise en 28 secondes, & en une seconde envi-

ron 714 pieds, qui est une vitesse moindre que la vitesse produite par la poudre à canon dans le canon. Mais comme il n'y a point de lieu accessible de 10000 pieds de hauteur, on ne peut voir l'effet de ces jets d'eau, outre que cette hauteur de 10000 pieds donneroit par 1 pied d'ouverture 64512 pouces à peu près qui feroient une riviere trop considerable pour être sur une si grande hauteur.

Il faut donc croire que les plus grands jets ne doivent pas aller à 300 pieds : car le reservoir étant à 600 pieds, il faudroit qu'il fût d'environ 6 pouces de diametre, & la conduite devroit être de 20 pouces de largeur, & il donneroit 16128 pouces, qui est encore une trop grande quantité d'eau; & ainsi il faut se reduire à 100 pieds de hauteur, & à 12 ou 15 lignes d'ajutage: car quand même il iroit à 150 pieds, il ne paroîtroit gueres plus haut à la veüe quand on en feroit à 20 pieds de distance.

II. DISCOURS.

De la hauteur des jets obliques, & de leurs amplitudes.

LEs jets qui jaillissent horizontalement, ou obliquement comme dans la figure

suivante, décrivent une ligne courbe qui est une Parabole, ou une demi-Parabole dont Torricelli a donné la démonstration après Galilée : mais il faut faire abstraction de la résistance de l'air ; toutesfois si les jets sont foibles, la ligne courbe sera sensiblement Parabolique, à cause que l'air résiste à une petite vitesse, & que l'accélération de vitesse de la goutte qui tombe, ou la diminution de celle qui jaillit, se fait sensiblement selon les nombres impairs. Et même dans les vitesses médiocres des jets, leur courbure approche fort de la Parabole ; parce que si d'un côté la direction horizontale est retardée peu à peu, & ne va pas d'un mouvement uniforme, aussi l'accélération ne va pas à la fin de la chute selon les nombres impairs, mais elle retarde par la résistance de l'air, comme on l'a expliqué cy-devant, & ainsi l'un des défauts recompense l'autre, & comme on le voit en la figure suivante, où la véritable Parabole est ABC , si en 3 petits intervalles de temps égaux le mobile parcourt horizontalement les 3 espaces égaux AE , EG , GD , & qu'il parcourre en descendant AI au premier temps ; IM qui contient trois fois AI au second temps ; & au troisième MN qui contient 5 fois AI . Mais si le choq de l'air fait que le mobile n'aille qu'en H au lieu d'aller en

D, en ces trois temps aussi le choq de

l'air l'empêchera de descendre dans les mêmes temps jusques en N & il n'ira qu'environ en K, & tirant la parallele K L qui coupera H F en L un peu au dedans de la courbe A B C, la ligne courbe A O L qui sera décrite par ce mouvement retardé en proportion (ce qui n'est pourtant pas vray dans la rigueur) sera une autre Parabole interieure à la premiere A B C. De cette propriété des corps qui sont meus dans l'air, nous deduisons les Problemes suivans.

PROBLEME.

Estant donné la hauteur mediocre d'un reservoir, & le jet étant oblique trouver où il touchera le plan-horizont.

Soit AB le tuyau du reservoir, C l'ajutage, CD une ligne parallele à AB ,

DEC un demi-cercle, donc H est le centre; Galilée & Torricelly ont démontré, que si la direction du jet au sortir de l'ajutage est par la ligne CE qui fasse l'angle DCE avec la perpendiculaire DC de 45 degrez, ayant continué HE perpendiculaire à DC

jusques en F en sorte que E F soit égale au demi-diametre du cercle H E, le point F sera le sommet de la Parabole C F G décrire par le jet, comme on le voit en la figure, C E sera la tangente de cette parabole au point C; & C G l'amplitude de la parabole double de H F ou C D.

Que si l'on donne une autre direction au jet comme C L, il faut abaisser la perpendiculaire L M sur C D, & M L N étant double de M L, le point N sera le sommet de la Parabole que décrira ce jet, dont C R sera l'amplitude égale à deux fois M N; & de même à l'égard de toutes les autres directions. D'où il suit que si l'angle L C E est égal à l'angle E C O, le jet par la direction C O ira aussi loin que le jet par la direction C L; & Q O P étant égale & parallele à M L N, P sera le sommet de la Parabole de ce jet; & qu'elles se rencontreront toutes deux dans la ligne horizontale C G au point R, puis-que leur amplitude C R quadruple de M L ou double de M N, sera commune à toutes deux.

Les jets des bombes pleines de poudre suivent les mêmes règles: d'où il s'ensuit que si l'on a trouvé par experience qu'une bombe, dont la direction est élevée de 45 degrez, va jusques à 500 toises de longueur, elle ira perpendiculairement jus-

ques à 250 toises : car si CG est 500 toises, & que la bombe ait décrit la Parabole CFG , elle ne s'élèvera qu'à la hauteur CD , laquelle est le diametre du demi-cercle, qui par consequent sera 250 toises moitié de l'amplitude CG de la Parabole CFG : mais il faut considerer que la resistance de l'air change un peu ces mesures : car il y a plus d'air à passer par CFG , que par CD , la bombe ira un peu plus près du point D à proportion que du point G . Et par la même raison si la direction de la bombe étoit CL , & qu'elle tombât au point R , elle iroit un peu plus loin par la direction CO , parce qu'il y a plus d'air à passer dans la parabole CNR , que dans la Parabole CPR . Voici les experiences que j'en ay faites avec de l'eau, qui doit être plus retardée par l'air, qu'une balle de fer, ou qu'une bombe.

Dans la figure predente supposons ABC un tuyau de 6 pieds de hauteur depuis la surface de l'eau à la hauteur de D dans le reservoir jusqu'à l'ajutage C ; la direction du jet CFG étoit de 45 degrez sur l'horizon, & par ce que l'on vient de dire, CG qui étoit l'amplitude de la Parabole, devoit être de 10 pieds : mais le jet s'écartoit vers la fin, & celui qui approchoit le plus près de 10 pieds, étoit de 9 pieds 10 pouces ; & par consequent ce jet ne manquoit que

de $\frac{1}{60}$, c'est à dire deux sur 120. Mais ayant fait des experiences sur de plus grandes hauteurs, le jet diminuoit plus de son amplitude à proportion par la plus grande resistance de l'air, & cette diminution se doit faire à proportion de celle des hauteurs des jets, & ainsi il faudra prendre le double de la hauteur perpendiculaire des jets pour sçavoir l'amplitude du jet Parabolique à l'elevation de 45 degrez.

Les jets de vis-argent font de même, mais leur extremité s'écarte plus qu'aux jets d'eau, dont la cause est que le mercure superieur B F glisse sur l'inferieur C E D

par sa rencontre, & au contraire le mercure qui est vers E descend par sa pesanteur, & par le choq de celui qui est plus haut, c'est ce qui fait que les gouttes de vis-argent sont fort separées les unes des autres entre D & F, & de haut en bas; mais elles ne s'écartent point en largeur. Et si l'on met
l'œil

l'œil dans le plan de la direction du jet, il ne paroît que comme un filet de la même largeur par tout, laquelle il a à la sortie de l'ajutage, parce que ne s'écartant point à la sortie, les gouttes les plus proches de l'œil couvrent toutes les autres qui sont au dessous dans toute l'étendue du jet.

Pour prouver par experience que les matieres les plus pesantes font leurs Paraboles plus grandes, j'ay suspendu une balle d'acier à un fil de 42 pouces ou 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur, & l'ayant élevée par un arc de 50 degrez, je la laissay aller, elle revint après être montée de l'autre côté, à 49 degrez 45 minutes; l'arc des 15 minutes qui manquoient, étoit de la largeur de 6 lignes, & par consequent il ne perdoit qu'une ligne & demie à peu près en tombant jusques au point de repos. Je mis ensuite une boulette de cire de même grosseur chargée d'un petit poids, en sorte que sa pesanteur spécifique étoit comme celle de l'eau; & l'ayant élevée à 50 degrez elle revint à 4 pouces près au 2^{me} battement; elle perdoit donc 8 fois autant par la résistance de l'air, que celle d'acier, ce qui est à peu près selon les proportions de la pesanteur spécifique de l'eau à l'acier.

Lors-qu'en un tuyau les ouvertures sont plus hautes les unes que les autres, & que

les jets sont horizontaux, on peut sçavoir la longueur des jets sur un plan horizontal par les mêmes regles en cette maniere.

Soit A B C D un vaisseau cylindrique,

ou d'une autre forme, percé en F & en G, l'eau étant toujours entretenüe à la hauteur de A B, H I est un plan horizontal, & l'on veut sçavoir où les jets F & G tomberont sur le plan H I. On suppose que le côté du tuyau B F G H où sont percés les trous F & G, est à plomb; sur la ligne B H pour diametre ayant décrit

le demi-cercle B L K H, soit mené les perpendiculaires F L, G K à la ligne B H jusques au demi-cercle en L & K, & ayant fait H I double de G K, & H M double de F L, les jets décriront les demi-paraboles G I & F M comme il a été dit cy-devant: d'où il s'ensuit que si N est le centre du demi-cercle, le jet qui jaillira par N ira le plus loin de tous, puis-que la ligne N O qui est le demi-diametre est la plus grande de toutes les ordonnées comme G K, F L. Et si l'on prend des hauteurs égales au dessus & au dessous de N, les jets tomberont au même point sur la ligne horizontale H I.

Si l'on veut sçavoir dans un vaisseau ou dans un reservoir ABCD à quelle hauteur y est l'eau, il y faut percer un trou en quelque endroit comme en G, & ayant marqué quelque point I où passe le jet, soit tiré la ligne I H de niveau par le point I, & par le point G la ligne G H perpendiculaire à I H. Ayant coupé H I en deux également, dont l'une des moitez soit G K, soit trouvé la ligne G B troisième proportionnelle continuë après G H & G K, cette ligne G B est la hauteur de l'eau dans le reservoir au dessus de l'ouverture G, ce qui n'est que la converse de la precedente proposition comme il est aisé de voir, si l'on suppose que la hauteur du reservoir soit H B

au dessus du plan horizontal HI, & l'ouverture du jet soit en G : car selon les élémens de Geometrie, à cause du demi-cercle, les trois lignes GH, GK & GB sont en proportion continuë, ce qui convient à ce que Galilée a démontré dans sa 5^{me} proportion du mouvement des corps poussez & jettez, où il dit que les moitiez des amplitudes des paraboles des jets sont moyennes proportionnelles entre la hauteur de la demi parabole, & la hauteur de la liqueur depuis l'ouverture du jet.

CINQUIEME PARTIE
DE LA CONDUITE
DES EAUX.
ET DE
LA RESISTANCE
DES TUYAUX.

PREMIER DISCOURS.

Des Tuyaux de conduite.

LOrs-que la conduite de l'eau qui fournit les jets passe par un long tuyau fort étroit, la vitesse de l'eau y est arrêtée par le frottement, dont on en a fait l'expérience en cette sorte.

ABCD est un tuyau de 6 pouces de diamètre & de 6 pieds de hauteur; le tuyau CE a 3 pouces de largeur, & le tuyau GF un pouce. On avoit fait aux points H, I, L, trois ouvertures, celle qui étoit en H avoit 2 lignes, celle en I 4 lignes, & la dernière

en L. en avoit 8. Dans l'autre branche F G

les ouvertures K, N, M étoient disposées de même selon la grosseur des ouvertures à l'égard de la proximité du tuyau A B C D. Le tuyau A D étant plein, on laissoit aller successivement les 3 ouvertures H, I, L ; les autres demeurant toujours fermées, le jet par L s'élevoit le plus haut ; celui par I ensuite, & celui par H jaillissoit le moins haut des trois. De l'autre côté la grande ouverture M jaillissoit le moins haut, celle en N un peu plus haut, & la petite K la plus haute des trois ; la raison de ces effets ne sera pas difficile à connoître, si l'on considère, qu'il sort beaucoup d'eau par les ouvertures L & M, & que pour l'entretenir

il faut que l'eau aille beaucoup plus vite par le tuyau étroit que par le large, ce qui y cause un frottement considerable, qui retarde la vitesse de l'eau, & l'empêche de couler assez vite pour fournir l'ajutage. Mais dans les ouvertures H & K comme la vitesse par les tuyaux est 16 fois moindre que quand l'eau sort par L & M, le frottement dans le tuyau étroit est peu considerable, & ne retarde pas sensiblement le jet K plus que le jet H, & ils montent à peu près aussi-haut l'un que l'autre : il s'en suit aussi que si l'on diminue les deux trous I & N, par exemple chacun d'une ligne, alors le jet par I montera moins haut qu'il ne faisoit, & celui par N plus haut; parce qu'il y aura moins de frottement dans le Canal F G qui surpasse le défaut de la resistance de l'air, & dans le Canal C E cette diminution de frottement ne sera pas considerable, mais la resistance de l'air le sera un peu plus qu'au jet de 4 lignes; c'est ce qui a trompé plusieurs personnes qui ont fait leurs experiences dans des tuyaux étroits, comme F G, & ils ont conclu aussi-bien que la plupart des Fonteniers, que l'eau alloit plus haut par des ajutages étroits, que par des larges; ce qui est contre la raison & l'experience, sinon quand la conduite est trop étroite.

Il arrive la même chose quand les aju-

tages sont longs de 6 à 7 pouces, ou même de 2 à 3. Car le jet sera plus haut par une simple ouverture dans la platine qui sera d'une ligne ou d'une demi-ligne d'épaisseur : l'on en fera l'expérience facilement, si l'on a un tuyau de 6 ou 7 pouces de largeur A B C D, & que dans le tuyau

E F suffisamment large on ait fait des ouvertures égales en G, & en H ; la première ayant un ajutage G I, & l'autre n'ayant que l'épaisseur du métal : Car l'on verra que le jet par H ira beaucoup plus haut que

que par GI, & que plus on diminuëra la hauteur de GI, plus son jet approchera de celui par H: d'où il suit que les ajutages longs que l'on met ordinairement à la gueule des Dauphins dans les Fontaines, sont fort defectueux, & quand même l'ajutage seroit un peu en cone, le jet ne laisse pas d'en être retardé: En voici une experience: un tuyau de verre d'un pied de hauteur & d'un pouce de largeur ayant son ouverture de deux lignes & demie n'a sauté qu'à 10 pouces $\frac{1}{2}$ quand il y avoit un petit cone: mais l'ayant fait sans cone, il a sauté jusques à 11 pouces & $\frac{1}{2}$.

Pour regler la largeur des tuyaux de conduite des eaux selon la hauteur des reservoirs & la grandeur des ajutages, j'ay fait les observations suivantes.

Il y a à Chantilly une conduite de tuyau faite avec des pieces de bois de chesne percées; les ouvertures sont de 5 pouces de diametre. La hauteur de l'eau du reservoir est à 18 pieds & la conduite en pente jusques à un Canal horizontal, est de près de 104 toises. Le Canal ayant été mis à sec, on perça un des corps par le dessus, & on y mit un ajutage de 10 lignes; l'eau étant retenüe par en bas, le jet alla jusques à 15 pieds, ainsi il y avoit quelque petit empêchement dans la longue conduite & dans l'ajutage: car suivant les regles il devoit

jaillir jusques à 17 pieds à peu près. On mit un autre ajutage à 80 toises plus bas dans la même conduite qu'on fit jaillir tout seul, & il n'alla qu'à 14 pieds à peu près, ce que l'on peut attribuer au défaut de l'ajutage qui étoit plus mal fait que l'autre. On laissa aller ensuite les deux ajutages ensemble, & le jet d'en-haut n'alla qu'à 12 pieds, & l'autre qu'à 11; ce qui fit connoître qu'une conduite de 5 pouces de largeur n'est pas suffisante pour un ajutage de 14 ou 15 lignes à cette hauteur de réservoir, ou pour deux de 10 lignes chacun. On referma les trous, & on laissa jaillir le jet ordinaire, qui est à côté du Canal & élevé de 2 ou 3 pieds plus haut à la même distance du réservoir que le dernier trou; le réservoir n'avoit que 16 pieds de hauteur à peu près au dessus de l'ajutage qui étoit en cône, & de 12 lignes de diamètre; il jaillissoit d'environ 14 pieds, au lieu de 15 pieds un peu plus selon les regles, ce qui provenoit sans doute de l'ajutage fait en cône, comme il a été démontré.

J'ay fait d'autres expériences avec le même tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé avec son tambour au dessus, qui avoit un pied. On y attacha en bas une conduite horizontale de même largeur de 3 pouces, & de 40 pieds de longueur, &

l'on mit à l'extrémité un ajutage de 6 lignes, & le jet jaillit aussi haut que quand il n'étoit qu'à un pied du tuyau montant, le jet fit aussi les mêmes effets, à sçavoir qu'après avoir jailli d'abord à une certaine hauteur, il diminua peu à peu d'environ un pied; & l'eau étant arrivée au bas du tambour, le jet s'éleva de nouveau, & alla un peu plus haut qu'au commencement, & ainsi une conduite horizontale de 40 pieds de longueur, & de 3 pouces de largeur ne diminua point un jet de 6 lignes d'ajutage.

On a trouvé aussi par expérience qu'un ajutage de 7 lignes n'a point jailli moins haut que celui de 6 lignes à 35 pieds de réservoir avec une conduite de 3 pouces, & ainsi que le tuyau de 3 pouces pouvoit avoir 52 pieds de hauteur pour un ajutage de 6 lignes: On peut donc prendre pour fondement, qu'un réservoir de 52 pieds doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diamètre quand l'ajutage est de 6 lignes, & que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.

Pour comparer la largeur de cette conduite à celle que doivent avoir les réservoirs, & les largeurs des ajutages, on fera cette règle de proportion.

Comme le nombre des pouces que donnent les jets est

Ff ij

au nombre des pouces d'un autre jet ; ainsi le quarré du diametre de la conduite du premier , est au quarré du diametre du tuyau de conduite de l'autre.

Cette regle est fondée sur ce qu'il faut que la vitesse de l'eau coulante soit égale dans les deux conduites , afin qu'il n'y ait pas plus de frottement en l'une qu'en l'autre. Or si le nombre des pouces est quadruple , il faut que la surface du diametre de la conduite soit quatre fois plus grande , afin que la vitesse dans les tuyaux soit égale.

Suivant cette regle si l'on veut sçavoir quelle largeur de conduite il faut donner pour avoir un jet de 100 pieds par 12 lignes d'ajutage , il faut prendre 52 pieds de hauteur , qui par un ajutage de 6 lignes ayant le tuyau de conduite de 3 pouces de diametre , donne 8 pouces ; & parce que suivant la table des hauteurs des jets le reservoir de 100 pieds de jet doit être à 133 pieds $\frac{1}{3}$, on dira que comme 52 est à 133 , ainsi 64 quarré de 8 est à 170 , & la racine quarrée de 170 étant 13 à peu près , l'on voit que le reservoir de 133 pieds par 6 lignes donnera 13 pouces & par 12 lignes d'ajutage 52 pouces d'eau : donc comme 8 à 52 , ainsi 9 quarré de 3 , qui est le diametre de la

conduite, doit être à $58 \frac{1}{2}$ dont la racine quarrée est $7 \frac{2}{3}$ à peu près, qui sera le diamètre de la conduite que l'on cherche, mais pour plus grande sûreté on peut lui donner 8 pouces.

Lors que les ajutages sont inégaux, & les hauteurs des réservoirs égales, il n'y a qu'à faire les diamètres des conduites en même raison entr'elles, que les diamètres des ajutages : car alors les frottemens seront égaux, & l'eau ira plus vite dans l'un des tuyaux qu'en l'autre, en voici un exemple.

Un tuyau de 13 pieds de hauteur donne 1 pouce par 3 lignes : donc par 6 lignes il donnera 4 pouces ; & par conséquent si la conduite demeure de même largeur, l'eau ira 4 fois plus vite, & auroit quatre fois autant de frottement ; il faut donc pour la faire aller aussi vite, que le quarré du diamètre de la conduite soit quatre fois plus grand, & pour lors la racine de ce quarré sera à la racine de l'autre comme 6 à 3.

Il arrive un effet assez surprenant dans la conduite de quelques tuyaux de Chantilly ; ces tuyaux qui sont de bois poussez & mis l'un dans l'autre passent par un petit étang, & ensuite par un long Canal ; d'où il arrive que si l'on ferme tout à coup l'entrée du réservoir, & que l'eau ne coule plus dans le tuyau de conduite, ce jet de 14

pieds ne cesse pas tout-à-fait : mais il continuë à jaillir à plus de deux pieds sans discontinuation ; supposant que l'entrée du réservoir fût bien fermée l'on pourroit attribuer cet effet à ce que l'eau s'écoulant avec grande vitesse, le poids de celle de l'étang & du Canal fait un peu entr'ouvrir les corps des tuyaux qui entrent l'un dans l'autre, & il se fait une petite aspiration d'eau, de même qu'il se fait une expiration d'air assez sensible quand ce tuyau de conduite étant vuide, on y fait entrer tout-à-coup l'eau du réservoir : car alors l'air étant pressé force les tuyaux, & se fait un peu de jour entre ceux qui sont emboitez l'un dans l'autre. Or l'aspiration qui se fait d'un peu d'eau de l'étang & du Canal, est assez grande pour fournir ce jet de 2 pieds.

Il arrive encore au même jet un autre effet extraordinaire qui est, que si l'on met la main sur l'ajutage, & qu'on l'y tiennent pendant 10 ou 12 secondes, l'eau ne jaillit point d'abord qu'on ôte la main, & commence peu à peu à s'élever à 3 pouces, puis à 1 pied, & enfin à 2 successivement dans un temps considerable. J'ay veu le même effet dans une eau qui couloit horizontalement par un tuyau de cuivre : car l'ayant fermé avec la main dans la pensée que cette eau étant retenuë un

peu de temps, elle feroit un plus grand effort, & jailliroit plus loin, je fus surpris qu'il ne coula pas presque d'eau d'abord: mais enfin peu à peu elle reprit sa force ordinaire, voici comme j'explique cet effet.

Dans le Canal de Chantilly qui a une pente tres-petite jusques à 80 toises du jet, l'eau y couleroit tres-lentement si elle n'étoit poussée par l'eau supérieure dont la pente est plus roide. Or si l'on suppose que *A B C D* soit la pente roide, & que le Ca-

nal ne soit qu'à demi-plein, comme depuis *C D* jusques à *F G*, l'eau y coulera assez vite & poussera avec la même impression celle qui est en *G H D E*, & par le mouvement qu'elle aura acquise dans ce chemin, elle sera portée assez vite jusqu'à l'entrée de l'ajutage *I L* qu'elle remplira entierement; & étant choquée par celle qui succede, elle s'élèvera jusques à 2 pieds, mais lors-qu'on la retient, on arreste son

mouvement , & même elle reflue vers B G D en s'élevant vers le haut du tuyau proche de C, ce qui fait que cette eau étant dans son mouvement , & sa moindre hauteur en B étant moindre que la hauteur du point L , elle ne peut faire d'effort pour couler ou pour jaillir, qu'après que le mouvement commence à se faire ensuite du premier écoulement qui est tres-lent.

Il faut éviter de faire les tuyaux de conduite coudez à angles droits: car l'eau dans son mouvement heurtant contre la partie du tuyau qui lui est opposée , le met en danger de crever , & elle est retardée considérablement par cette rencontre.

Si l'on veut que l'eau jaillissante conserve sa force par plusieurs années, il faut tenir les conduites un peu plus larges que selon le calcul qui en a été fait : car il s'y amasse de la boue , & des ordures qui retardent un peu l'écoulement , & même il y a des eaux qui emportent avec elles des atomes pierreux , qui venant à s'attacher ensemble , forment des pierres qui bouchent la conduite : j'en ay fait l'observation dans l'Aqueduc d'Arcueil, & l'on voit proche de l'Observatoire dans le grand regard où se fait la separation des eaux , un bassin qui a un gros jet au milieu d'un demi-pied de hauteur , la circonference de ce bassin est de cuivre , où l'on a fait plu-

ſieurs ouvertures circulaires d'un pouce de diametre pour faire connoître la quantité d'eau qu'il y a dans l'Aqueduc ; mais peu à peu il s'eſt amasſé dans ces ouvertures une matiere pierreuſe qui les a enfin bouchées entierement ſans que l'eau y puiſſe plus paſſer , ce qui eſt aſſez ſurprenant : car il ſemble que l'eau coulante devroit emporter les ordures qui ſ'y pourroient amasſer. Cela ſe fait de la même maniere qu'il ſ'amasſe de la neige à côté ou ſur les branches des buiſſons quand il fait broüillards pendant un grand froid : Car le vent portant de petites parcelles ou atomes de vapeurs glacées , les introduit dans quelques pores de ces branches ; & les premieres retiennent & accrochent ceux qui ſuivent, & enfin il ſ'y en fait un amas de 2 ou 3 pouces de hauteur. De même l'eau chariant de petits atomes de pierre dont elle ſe charge en paſſant par les terres , en fiche quelques-uns dans les pores du métal , & un autre qui ſuit ſe joint au premier ſelon ſa diſpoſition & ſa figure. Il en paſſe beaucoup qui ne ſ'y attachent pas : mais par une ſuite d'années il ſ'y en amasſe enfin aſſez pour boucher entierement les ouvertures , comme ſi c'étoit une ſeule pierre aſſez dure , en ſorte que l'on eſt obligé tous les 50 ans environ de relever tous les tuyaux & de les reſaire à neuf.

Lors-que la conduite de l'eau dans un tuyau large se subdivise en plusieurs conduites pour faire plusieurs jets, il faut considerer tous les pouces d'eau que doivent donner ensemble tous ces jets pour determiner la largeur du grand tuyau de conduite, & il les faut reduire ensuite par le calcul à une seule ouverture de jet.

E X E M P L E.

LA principale conduite d'une eau se divise en six tuyaux, dont il y en a deux qui ont chacun 3 lignes de diametre d'ajutage, deux autres qui en ont chacun 5, un qui en a 6, & un autre qui en a 8, la hauteur du reservoir est supposée à 52-pieds : donc si les conduites sont suffisamment larges, & qu'il y ait assez d'eau dans le reservoir pour fournir à toute la depense, les ajutages de 3 lignes donneront 2-pouces chacun selon les regles & les tables qu'on a données cy-dessus; ceux de 5 lignes donneront chacun 5-pouces $\frac{4}{6}$, celui de 6 lignes donnera 8-pouces, & celui de 8 lignes donnera 14-pouces & $\frac{2}{9}$, la somme de la depense d'eau de tous ces jets sera donc de 37-pouces $\frac{2}{9}$: c'est pourquoi suivant la regle precedente pour 52-pieds de hauteur de reservoir le diametre de l'ajutage doit être au diametre du tuyau de conduite comme 6-lignes à 3-pouces, ou bien comme 1 à 6 qui est la même raison.

Mais comme dans cet exemple, nous n'avons que la depense de l'eau qui est de 37 pouces, & $\frac{2}{9}$ à la hauteur de 52 pieds de reservoir; il faut chercher quel seroit le diametre de l'ajutage qui fourniroit cette quantité d'eau; ce qui se fait par la regle de la mesure des eaux jaillissantes de la seconde Partie, & l'on trouve 13 lignes à tres-peu près; on fera donc comme 1 est à 6, ainsi 13 à 78 lignes de diametre du tuyau de conduite de toute l'eau: ou bien 6 pouces $\frac{1}{2}$ & chacune des conduites pour 3 lignes de diametre d'ajutage auront 1 pouce $\frac{1}{2}$ de largeur; car par la regle precedente les diametres des tuyaux de conduite sont entr'eux en même raison que les diametres des ajutages la hauteur du reservoir étant la même, chacune de celles qui portent des ajutages de 5 lignes auront 2 pouces $\frac{1}{2}$, pour celle de l'ajutage de 6 lignes; elle aura 3 pouces de diametre, & celle de 8 lignes aura 4 pouces. Et si l'eau du reservoir peut donner ou fournir 37 pouces ces jets iront continuellement. On remarquera que le jet de 8 lignes d'ajutage ira le plus haut de tous, & pour sçavoir sa hauteur; on trouvera dans la table de la 2^{me} regle du premier discours de la quatrième partie, qu'un jet de 50 pieds doit avoir pour la hauteur de son reservoir 58 pieds 4 pouces; c'est pourquoi le jet est entre 45 & 50 pieds, & fort

proche de 45 ; & si l'on fait le calcul par la regle pour le jet de 46 pieds de hauteur , on trouvera 52 pieds $\frac{1}{2}$ pouces pour la hauteur du reservoir ; d'où l'on peut conclure que le jet n'arrivera pas tout a fait à 46 pieds, quoique le reservoir soit de 52 pieds de hauteur.

II. DISCOURS.

De la force des Tuyaux de conduite , & de l'épaisseur qu'ils doivent avoir suivant leur matiere & la hauteur des reservoirs.

LOrs-que les reservoirs sont fort élevez ou qu'on fait une conduite d'eau depuis quelque lieu fort haut , les tuyaux de conduite sont souvent en danger de se rompre principalement si la conduite se fait par des valées profondes ; & ce seroit une chose tres-fâcheuse , si après avoir fait beaucoup de dépense , quelques tuyaux venoient à crever , soit par le défaut de la soudure ou de la foiblesse des tuyaux : il faut aussi éviter d'employer trop de plomb ou de cuivre , pour donner des grandes épaisseurs aux tuyaux lors-que des épaisseurs mediocres suffisent ; voicy ce qu'on pourra observer sur cette matiere.

Les corps solides & fermes resistent à être rompus par les petits liens & embar-

cas de leurs particules qui sont entrelacées les unes dans les autres, il y a des matieres faciles à rompre comme la glace, & d'autres qui se rompent difficilement, comme le fer, le marbre &c.

On appelle la resistance absolüe d'un solide à être rompu, lorsqu'on le tire pour le déchirer ou rompre : ainsi si l'on suspend un cylindre de bois A B par des cordes à une poutre par le moyen d'une grosse tête A, & qu'on attache vers sa base B des cordes qui suspendent un poids C de 1000 livres, qui puisse rompre ce cylindre vers D ou plus haut ou plus bas, en détachant & separant ses parties entrelacées, on dira que sa resistance absolüe est de 1000 livr. Par la même maniere on sçaura la resistance absolüe d'une petite bande de papier, si l'on fait deux anneaux aux extremités en repliant les

bouts & les collant à la bande, & passant dans ces anneaux vers I & L deux bâtons GH, MN: car ayant suspendu au bâton MN le poids O par les cordelettes K & Z, si cette bandelette se rompt comme en P

par ce poids précisé-ment lors-qu'il sera de 4 livres, on dira que la resistance absolüe de cette bandelette est de 4 livres.

Galilée a fait un Traité de la resistance des solides, où il donne la même definition de la resistance absolüe, & il explique à

la maniere la force que doit avoir un poids

lors-qu'il est suspendu à l'extrémité d'un solide fiché dans un mur, comme si le mur est AB & le solide $CDEF$, & que le poids G soit suspendu en F par la corde FG , il dit que la longueur FD est comme le bras d'un levier, & que l'épaisseur CD est comme le contre-levier, en sorte que si on vouloit separer une partie qui est en C & que sa résistance absolüe fût de 10 livres, il faudroit que le poids G fût seulement de 2 livres, si la longueur FD étoit 5 fois plus grande que DC : mais en considérant une autre partie comme I également distante de C & D , il ne faudroit qu'une livre en G , parce que le levier FD seroit alors 10 fois plus grand que le contre-levier DI ; & parce qu'il suppose que la rupture se fait en même temps dans toutes les parties de CD dont les unes sont entre D & I & les autres entre I & C , il prétend qu'il faut considérer l'augmentation de la force du poids selon la raison de FD à la moyenne distance DI , ce qui pourtant repugne à plusieurs expériences que j'ay faites avec des solides de bois & de verre, où j'ay trouvé qu'il falloit prendre la raison de ED à une ligne moindre que DI , comme le quart de DC ou le tiers &c. & non de FD à la moitié de DC . Pour trouver cette proportion & refuter celle de Galilée, je fais les raisonnemens qui suivent.

Je suppose premierement que le bois, le

fer & les autres corps solides ont des fibres & des parties rameuses entrelacées les unes dans les autres, & qui ne peuvent se separer que par une certaine force & qu'elles font toutes ensemble la fermeté & résistance de ces corps à être rompus quand on les tire perpendiculairement de haut en bas selon leur longueur.

2. Que ces parties peuvent s'étendre plus ou moins par de differens poids, & qu'enfin il y a une extension qu'elles ne peuvent souffrir sans se rompre, en sorte que s'il faut qu'un solide de bois soit étendu de deux lignes pour être rompu, & qu'un poids de 500 livres puisse faire cette extension, un poids de 125 livres ne le fera étendre que d'environ une demi ligne, un de 250 lignes, que d'environ une ligne &c. & qu'ainsi chaque extension fera équilibre avec un certain poids.

Cela étant supposé, soit considérée la balance A C B tournant sur l'appuy C char-

gée à son extrémité B, d'un poids F faisant équilibre avec les 3 poids égaux G H I la distance

stance B C est à C E comme 12 à 1, C D est double de C E, & C A double de C D : Or si le poids G est de 12 livres, il faudra un poids en F de 4 lignes pour le soutenir, puisque la distance B C est triple de C A, il ne faudra que 2 livres en F pour soutenir le poids H, & une livre seulement pour soutenir le poids I, & par ce moyen un poids de 7 livres en F fera équilibre avec ces 3 poids chacun de 12 livres en G, H & I : si donc on ajoute un petit poids en F, les 3 poids s'élèveront ; & quoy qu'ils s'élèvent inégalement, chacun agira par une pesanteur de 12 livres selon leur distance du poids C, mais il n'en est pas de même des parties d'un solide qui se rompt transversalement : & pour le faire voir,

Supposons que F C soit de 12 pieds,

C A de quatre, C E de 2, & C B d'un pied,
& que le solide A D C N soit joint au solide
A C P Q inébranlable, par les 3 cordelettes
égales & également fortes D I, G L, H M,
G g

un peu tenduës qui passent au travers des petits trous dans le solide ACPQ & nouïées par dessus l'autre, comme on le voit en la figure ; soit encore supposé qu'afin que chaque cordelette soit prête à se rompre, il faille qu'elle soit étenduë de 2 lignes, plus qu'elle n'est, & qu'un poids R suspendu en F de 4 livres, puisse être assez fort pour reduire la cordelette I D à cette extension de 2 lignes, & qu'y ajoûtant un tres-petit poids, elle doive se rompre, il est évident qu'il faudra deux livres en R pour étendre de 2 lignes la cordelette L G étant seule & une livre seulement pour étendre de même la cordelette H M, si le centre du mouvement est en C : Mais parce que lors que la cordelette D I est étenduë de 2 lignes, la cordelette G L, n'est étenduë que d'une ligne, & la cordelette H M d'une demie ligne quand on les tire toutes ensemble, il s'ensuit par la 2^{me} supposition qu'un poids d'environ une livre fera alors équilibre avec la tension de la cordelette G L qui n'est que d'une ligne, & qu'il ne faudra que 4 onces pour faire équilibre avec la tension de la cordelette H M quoi que sa resistance totale de cette derniere soit d'une livre ; & par consequent pour reduire les trois cordelettes en cet état, il suffira que le poids R soit de 5 livres $\frac{1}{4}$, & que si on y ajoûte un tres-petit poids, la cordelette D I se rompra & pres-

que en un même moment les deux autres, parce qu'elles résistent beaucoup moins que les trois ensemble.

Appliquons maintenant ces raisonnemens au solide A B C D fiché perpendiculaire-

ment dans le mur E A D O, & supposons que si on le tiroit de haut en bas perpendiculairement, il fallut 600 livres pour le rompre, je dis que si A D est divisé en trois parties égales par les points G, H, & que C D soit à D H, comme 60 à l'unité, il suffira que le poids L soit de 10 livres pour rompre le solide, au lieu que selon Galilée il faudroit qu'il fût de 15 livres, puisque C D est à D I moitié de D A comme 60 à un & demi ou 40 à l'unité, & que 600 est le produit de 15 par 40.

Pour prouver cette proposition, supposons comme il a été expliqué cy-devant

G g ij.

que la fibre vers A se doive étendre de 16 parties tres-petites pour être rompuës , & qu'il faille une pareille extension pour rompre les fibres vers G, I, & H, il est évident que ces dernières ne résisteront pas de toute leur force pour empêcher la rupture de la fibre vers A, & que si elles résistent à proportion de leur distance du point D, & s'il faut 16 livres en L pour rompre la fibre en A, il en faudroit seulement 12 pour rompre la fibre en G, 8 pour rompre la fibre en I, & 4 pour rompre la fibre en H; mais parce que quand la fibre en A se rompt, la fibre en G ne sera étendue que de 12 parties, celle en I que de 8, & celle en H que de 4, ce qui fait encore une autre raison semblable, & ainsi au lieu de 12 livres pour rompre la fibre vers G. Il ne faudra que 9 livres sçavoir les $\frac{3}{4}$ de 12, & 4 livres pour rompre la fibre vers H. Or 12 est moyen proportionnel entre 16 & 9, & 4 entre 16 & 1, & par conséquent ces nombres 1, 4, 9, 16 étant quarrés, si l'on conçoit que la longueur A D soit divisée à l'infiny, les résistances de toutes les fibres seront en la proportion des quarrés de suite depuis l'unité, mais si on prend tels nombres de quarrés qu'on voudra de suite commençant à l'unité, trois fois leur somme moins le nombre triangulaire, qui correspond au dernier terme de la Progression, sera égal au produit du plus grand quarré par

le nombre de la Progression commençant à zero, & ce nombre triangulaire excédant sera à ce dernier produit selon la Progression à l'infiny $\frac{1}{2} \frac{1}{4} \frac{1}{6} \frac{1}{8} \frac{1}{16}$ &c. dont cet excès à l'infiny sera comme rien, & par conséquent tous les quarrés à l'infiny ne feront ensemble que le tiers d'autant de quarrés égaux au plus grand y en ajoutant un pour le 1^{er} terme zero de la Progression, de même que si l'on prend une Progression de suite, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. La somme de tous ces nombres est la moitié du produit du plus grand par le nombre de la Progression.

Pour prouver par induction cette propriété des quarrés de suite, prenons l'unité qui est le 1^{er} quarré, le triple de l'unité est 3, l'unité multipliée par les nombres des termes de la Progression, 0, 1, est 2 qui est moindre que 3, du 1^{er} nombre triangulaire 1 qui est $\frac{1}{2}$ du nombre 2, 1 & 4 ensemble font 5, trois fois 5 est 15, le produit par la Progression 0, 1, 2 est 12 moindre que 15 de 3 qui est le second nombre triangulaire & qui est $\frac{1}{4}$ de 12, 55 est la somme des 5 premiers quarrés, 3 fois 55 est 165, le plus grand quarré 25 multiplié par les 6 termes de la Progression, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 150 moindre que 165 de 15 qui est $\frac{1}{10}$ de 150.

Pour sçavoir si l'expérience seroit con-

forme à ce raisonnement , je fis tourner au tour deux morceaux de bois fort sec , l'un d'eux représenté par A B avoit à

ses extremittez deux petites boules & le reste C D étoit uniformement épais de trois lignes , l'autre E F étoit en toute sa longueur épais de 3 lignes ; je mis le bout de ce dernier jusques au point G dans un petit trou fait dans une poutre , & il le remplissoit exactement , & j'attachay à l'autre bout un poids de six livres en F , la distance G F étoit de 4 pouces ou 48 lignes , & par consequent elle étoit 48 fois plus grande que le tiers de l'épaisseur du bâton cylindrique G F , puisque ce tiers n'étoit que d'une ligne , & selon Galilée la proportion du poids étoit augmentée 32 fois , mais le bâton se courba un peu , & la distance ne fut plus que comme 30 à 1 à peu près , le poids I de six livres suspendu au point F fit rompre le bâton au point G : Or si la force de ce poids n'eût été augmentée que de 30 fois , il ne devoit faire qu'un effort de 180 livres qui

est le produit de 30 par 6, je suspendis ensuite le bâton A B par quatre cordelettes attachées à une petite corde qui faisoit deux tours autour du col D & étoit retenue par la boule B D, & j'accommoday de même quatre autres cordelettes à la boule C A pour suspendre un poids de 180 livres qui devoit rompre le bâton A B, le tirant en bas perpendiculairement, si la regle de Galilée eût été véritable, mais il ne se rompit pas. L'expérience se fit en présence de Mrs de Carcavy, de Roberval, & Huguens, je fis ajouter des poids de 10 ou 12 livres les uns après les autres, & enfin quand il y en eut en tout environ 330 livres, il se rompit au point H. Or si l'on prend la proportion de 47 à 1 (qui est le tiers de l'épaisseur) à cause que le bâton se courba un peu avant que de se rompre, le produit de 47 par 6 est 282 au lieu de 330, mais il y a apparence que si on y eût seulement mis 300 livres, & qu'on les y eût laissées quelque temps comme on laissa les 6 livres en I, il se fût rompu de même, mais enfin la proportion fut beaucoup plus grande que de 30 à 1, & il ne manqua qu'environ $\frac{1}{7}$ qu'elle ne fut comme 47 à 1, ce qui put arriver à cause que le bâton G F étoit peut-être plus foible vers le point G ou un peu plus épais : on recommença l'expérience en

laissant une grande épaisseur aux deux bouts du bâton E F , laissant seulement deux pouces de G vers F afin que cette partie se courbât fort peu. Je me servis ensuite de quelques canons de verre solide de $\frac{4}{3}$ de ligne d'épaisseur , & je trouvois toujours à peu près qu'il falloit prendre la proportion de la longueur du cylindre de verre au tiers de son épaisseur & dans une expérience , ou selon Galilée il n'eût fallu que 30 livres pour rompre la petite verge de verre frûée perpendiculairement de haut en bas , il y en fallut suspendre 50 ; le sieur Hubin ajustoit de petites boules de verre aux deux bouts du cylindre pour le suspendre.

On peut objecter que dans le bois ou le verre ou les métaux , il n'y a rien qui s'étende avant la fraction ; je demeure d'accord que l'extension du verre n'est pas sensible , mais celle des métaux se reconnoît aisément en ce que les cordes de clavessin de quelque métal qu'elle soient s'étendent sensiblement ; d'où il s'ensuit qu'un cylindre d'un pouce d'épaisseur doit s'étendre aussi , mais il faudroit un poids de plus de 2000 livres pour l'étendre sensiblement : car puis qu'une boule de verre & d'acier s'enfonce par le choq , & se remet en sa 1^{re} figure , elle peut aussi s'étendre. Si on laisse tomber un cylindre de bois sec d'un pouce d'épaisseur sur une pierre plate, il rebondit,

bondit, & par conséquent il a ressort, & les parties souffrent extension & pressement, & parce que l'expérience fait voir qu'un petit bâton qu'on plie pour le rompre, se resserrant vers la concavité de sa courbure, s'étend nécessairement vers la convexité avant que de se rompre : de là on peut conclure qu'il faut un effort pour faire la compression vers la concavité.

Cela étant supposé, si A B C D est un bâ-

ton quarré fiché dans un mur, on peut concevoir que depuis D jusqu'à I, qui est la moitié de l'épaisseur A D, les parties se pressent par le poids L, celles qui sont proches de D davantage que celles vers I, & que depuis I jusques à A elles s'étendent, comme il a été expliqué, & l'on pourra appliquer le même raisonnement des cordelières à la partie I A ; d'où il s'ensuivra que

H h

comme la longueur IF est au tiers de l'épaisseur IA , ainsi sera augmentée la force du poids L pour rompre le solide, & comme il faut plus de force pour presser les parties vers D que vers H , si on suppose que cette force diminuë selon la suite des nombres jusques à l'unité, il faudra encore la même proportion de la longueur IF au tiers de la largeur DI pour faire ce pressement; & comme il est tres-vray semblable que ces pressemens résistent autant que les extensions, & qu'il faut un même poids pour les faire, ces extensions, & ces compressions partageront la force du poids L , ajoutant le tiers de l'épaisseur IA au tiers de l'épaisseur ID , le tout sera égal au tiers de toute l'épaisseur AD ; d'où il s'en suivra la même chose que si toutes les parties s'étendoient: donc pour reduire l'extension vers les point A à la rupture, il faut que le poids L soit un peu plus de 10 livres pour rompre le solide $ABCD$, si la longueur CD est au tiers de l'épaisseur AD , comme 1 à 30, & qu'il faille un peu plus de 300 livres pour le rompre en le tirant de bas en haut: car la même chose doit arriver pour l'effort du poids, que si les parties entre ID s'étendoient comme les supérieures.

J'ay expérimenté avec le sieur Hubin, qu'un fil de verre d'un quart de ligne d'é-

poisseur & long de 4 pieds, s'étendoit de $\frac{4}{3}$ de ligne sans se rompre, & en le laissant retourner de lui même, il reprenoit sa 1^{re} extension; on en fit étendre trois de même grosseur qui se rompirent étant étendus jusqu'à une ligne & demie. Pour le connoître il y avoit aux deux bouts de chaque fil une boule de verre de 2 ou 3 lignes, on engageoit une de ces boules entre deux clouds à crochet enfoncez vers l'extrémité d'une table jusques à leur moitié, en sorte qu'en les poussant tres fort, on ne les faisoit point branler sensiblement; & par consequent le gros bout du filet étant bien engagé par le bas des clouds, ne se pouvoit approcher vers l'autre bout de la table, il y avoit 3 petits trous d'épingle pour faire discerner l'allongement, le fil portoit sur la table en sa longueur; mais en le tirant mediocrement il n'y portoit plus; le gros bout qu'on tiroit, touchoit la table, on remarquoit qu'il touchoit par son extrémité le 1^{er} trou d'épingle en le tirant avec la main mediocrement, & en le tirant plus fort il alloit jusqu'au 2^{me} trou, & en le tirant encore plus, il alloit jusques au 3^{me}, & en relâchant un peu de l'effort, il revenoit au 2^{me} ou au 1^{er} trou. Pour bien faire il eût fallu qu'un des bouts eût été poussé à force en tournant dans un trou d'un morceau de fer, & que l'autre

eût été attaché à 2 ou trois petites cordelettes, qui étant jointes ensemble n'en eussent fait qu'une, qu'on auroit entortillée autour d'une cheville d'un luth ou d'un autre instrument pour étendre le filet en tournant peu à peu. On auroit fait des marques pour reconnoître l'allongement, & même on pourroit faire sonner le fil de verre comme une corde d'épinette.

Cela étant supposé, voici les expériences que j'ay faites pour la résistance des solides : ces regles peuvent beaucoup servir aux Architectes pour les poutres, pour les faillies &c.

Un canon de verre de $\frac{5}{3}$ de ligne d'épaisseur s'est rompu par son propre poids à 6 pieds de faillie.

Un cylindre de marbre noir de 5 lignes de diamètre a soutenu horizontalement 190 livres, c'est-à-dire $10\frac{1}{2}$ à 48 lignes de distance. Le quarré de $\frac{5}{3}$ est $\frac{25}{9}$ son produit par un pied de longueur ou 144 lignes est $\frac{3606}{9}$ ou 400 lignes, dont 6 pieds peseront 2400 lignes cubiques, comme 14 à 11, ainsi 2400 à 1886 lignes, & parce que un pouce cubique ou 1728 lignes pesent 2 onces 1 gros, 1886 lignes peseront environ 2 onces 3 gros.

La moitié de la longueur de 6 pieds est 36 pouces ou 432 lignes comme le tiers de $\frac{5}{3}$ de lignes, sçavoir $\frac{5}{9}$ est à 432.

ainsi 2 onces $\frac{1}{3}$ à 18 14, qui divisez par 16 onces donnent 113 livres 6 onces, qui seroit le poids que supporteroit perpendiculairement ce cylindre de verre de $\frac{5}{3}$ de ligne.

Une verge de verre d'une ligne $\frac{3}{4}$ d'épaisseur & longue de 11 pouces étant posée sur deux regles distantes de 9 pouces l'une de l'autre & larges & épaissies d'un pouce, & étant chargée à son milieu d'une livre $\frac{3}{4}$ mise dans un godet de fer blanc suspendu par une cordelette, s'est rompue dans le milieu : une semblable verge posée de même, mais ferrée par ses deux bouts entre les deux regles, & deux petits morceaux de bois plats de même largeur que les regles, s'est rompue par trois livres & une once, suspenduës à son milieu ; la rupture s'est faite aux deux bouts joignant les regles, & même l'un des bouts a été rompu à 3 lignes en dedans plus loin que l'appuy ; ainsi on peut prendre pour règle que les deux extrêmités proches de l'appuy se rompent en ce dernier cas, & par conséquent il faut deux fois autant de force que quand les extrêmités sont libres & qu'elle se rompt au milieu.

Une semblable verge posée en son milieu sur le tranchant d'un couteau, (on avoit mis de la cire d'Espagne vers les bouts pour empêcher de couler les cordelettes qui

soutenoient les poids & pour marquer leur distance qui étoit de 9 pouces ,) il n'a fallu qu'une livre & demie & environ 3 onces pour le rompre , c'est-à dire qu'on avoit mis dans deux godets ces poids , sçavoir en chacun une livre moins 2 onces & demie , elle s'est rompuë à trois lignes du coôteau, il y avoit une marque blanche pour marquer le milieu de la verge.

Une lame d'épée posée par le bout dans un trou obliquement de bas en haut a supporté 68 livres , & une petite lame de fer blanc en a supporté 80.

Il est manifeste que si un solide A B se

rompt par un poids L suspendu à son milieu E , étant appuyé par les extremittez sur les 2 regles G & F, qu'il doit se rompre de

même, si l'appuy est en E & les deux puissances en A & B égales entr'elles & ensemble à la force du poids L , puis que c'est toujours le même effort qui se fait en E. Galilée a démontré que le même poids qui rompt en E , rompra le solide de même épaisseur fiché dans un mur jusques au point A, si sa longueur est égale à A E ; d'où il

s'ensuit ce que j'ay trouvé par experience, sçavoir qu'un verre plat A B de 12 pouces de longueur posé & appuyé par ses extremittez & portant à faux de 9 pouces, s'étant rompu par le poids d'une livre 10 onces & 5 gros, s'est rompu par 3 livres 5 onces 4 gros, lors-que ses extremittez furent serrées entre les appuys & des bois plats par des cordelettes, parce qu'alors ils doivent se rompre en A & B joignant les appuys, & parce que les deux résistoient par leurs deux extremittez deux fois autant que le seul E A en son extremité A, il y fallut mettre le double de poids en L.

Le même Auteur a encore démontré que si les appuys sont en double distance, la moitié du poids qui étoit en E, suffira pour rompre le solide, dont la raison est que le levier devient 2 fois plus long, & le poids par conséquent a 2 fois plus de force, le contre-levier ne changeant point; mais si le solide est 2 fois plus épais, il faudra quadrupler le poids, parce que d'un côté il y a 2 fois plus de parties à detacher, & aussi la force du levier diminuë de moitié; ce qui fait que le poids doit être quadruple, & generalement les poids doivent être en raison doublée des épaisseurs.

De là on resout un Theorème fort surprenant, sçavoir que si on a un quarré plat de bois ou de verre ou d'autre matiere fra-

gile , posé sur un quadre , en sorte que ses extremitez y soient serrées fortement comme on serre les quarrez de verre sur un quadre de chassis , le même poids distribué dans toute son étendue qui le rompra , rompra tout autre quarré de même épaisseur de quelle largeur qu'il soit.

DEMONSTRATION.

A B C D est le quadre qui tient serré

le quarré de verre ; E F est un autre quadre plus petit tenant serré un autre quarré de verre de même épaisseur ; je dis qu'il soutiendra un même poids distribué : car soit une petite bande Q H posée sur le petit quarré , & pour la facilité de la démonstration soit la bande I L en l'autre quadre dou-

ble en longueur de QH , & de même largeur & épaisseur, il est évident par ce qu'en a démontré Galilée, que si on met un poids au milieu de QH précisément suffisant pour le rompre, que la moitié de ce poids posé au milieu de IL , la rompra, mais si on double la largeur de IL , & que la bande soit $MNKS$, il faudra le poids entier pour le rompre: car le levier demeurera le même, mais il y aura 2 fois autant de parties à détacher; & si l'on distribue le 1^{er} poids le long de QH il le faudra doubler pour rompre la bande QH , comme il a été prouvé par le même Auteur: donc il faudra aussi doubler le poids pour rompre MS double de IL ; mais si l'on ajoute en croix une autre bande OP dans le petit quadre, il faudra doubler le poids, ce que j'ay confirmé par expérience: car une simple bande s'étant rompuë par 2 livres & demie un peu moins, étant en croix il fallut 4 livres 11 onces un peu plus, qui est un peu moins que le double, ce qui peut proceder de ce que le quadré du milieu n'étoit pas doublé; si donc on met une autre bande en croix GR de même largeur que IN , elle portera le même poids que la croix $P O QH$, & si on continue de faire plus larges ces croix selon les mêmes proportions, celle de la grande supportera toujours un même poids distribué, & enfin on peut continuer jusques à ce qu'il

ne reste que quatre quarrés tres-petits aux angles de chaque quadre; d'où l'on doit conclure que si on acheve ces deux quadres, le même effet suivra toujours, & de même dans toutes les autres proportions : car si le quarré du milieu du petit fait que la croix ne porte pas un poids double de celui que porte la bande, aussi le quarré du grand fera le même effet.

Ces regles servent pour les solides dont les matieres sont fragiles, comme le bois sec, le verre, le marbre, l'acier &c.

Mais pour les matieres souples & pliantes qui se rompent par la seule traction comme le papier, le fer blanc, les cordes, &c. il faut d'autres regles dont voici les principales.

R E G L E S.

Pour les solides qui sont souples.

L Es bandes de papier, de fer blanc, & d'autre matiere semblable se rompent également, soit qu'elles soient longues ou courtes.

E X P L I C A T I O N.

BC est une bande de papier colée, ou de fer blanc cloüée sur les deux appuys

E G, F H, & n'étant point portée dans la longueur C B, on met un petit bâton I L au milieu sur la bande, & on y attache aux ex-

tremitez qui passent un peu au de là du papier des cordelettes pour porter le poids P; car si l'on mettoit une cordelette sur la bande de papier, elle la plisseroit ou la couperoit. La bande étant de papier de 6 lignes de largeur s'est rompue par le poids de 4 livres.

Une semblable bande se rompoit de même lors-que les appuis étoient moins éloignez de moitié, & lors-qu'étant entortillée par les extremitez autour de 2 petits cylindres G H, M N, on attachoit un poids au cylindre d'en bas par le moyen de 2 corde-

lettes, comme on le voit en cette figure, la bande se rompoit aussi par un poids de 4 livres.

Quelques-uns objectent que les cordes K Z portent une partie du poids, & que sa pesanteur n'est pas employée à rompre la bande I L ; mais il est évident que la bande porte tout ce qui est au dessous d'elle, soit que les cordes s'étendent ou non : & pour le prouver, j'ay fait l'expérience suivante.

Un fil de cuivre tourné en vis, & soutenu par la main en A ayant le poids C suspendu au bout B, s'étendoit d'une certaine maniere par ce poids plus ou moins selon qu'il étoit plus ou moins pesant, mais toutes les distances des spires étoient parfaitement égales, & lors-qu'on tenoit à la main l'endroit D, les distances demeu- roient les mêmes sans aucun chan- gement, ce qui faisoit connoître manifestement que l'extension des spires superieures lors-que la suspension étoit en A, n'amoin- drissoit de rien la force du poids à

l'égard des spires inferieures. La même chose arrive à une corde longue qui suppor- te un poids : car toutes les parties en souf- frent la même extension sans que les supe- rieures diminuent l'extension des inferieu- res, ny les inferieures celle des superieures ; & une longue corde & une courte suppor- tent toujours le même poids, si ce n'est qu'il

arrive que dans un longue corde il se peut trouver quelque défaut où elle se rompra plutôt qu'en une moindre.

La même chose arrive à des bandes de fer blanc : car en une longue il y aura peut être un défaut qui ne sera pas en une courte, & si l'on en avoit pris la partie qui ne s'est pas rompuë, elle supporteroit un plus grand poids parce que le défaut en seroit ôté : j'en ay fait plusieurs experiences.

Une bande de fer blanc de 3 lignes $\frac{1}{4}$ de largeur a supporté 100 livres sans se rompre & s'est rompuë par 130, ou 128, & étant tirée de bas en haut, elle ne s'est pas rompuë à 120 livres, mais elle s'est rompuë à 123 par un endroit où il y avoit quelque paille, on jugera qu'elle auroit supporté davantage si on l'eût tirée bien droit & qu'il n'y eût point eu de défaut.

Une bande de fer blanc de 4 lignes $\frac{1}{3}$ de largeur portant à faux de 5 pouces dans le petit quadre, ne s'est point rompuë par 180 livres, on n'a pas achevé de la rompre en y mettant d'autres poids.

Une bande de papier de 6 lignes de largeur étant collée par ses 2 extremités sur 2 traverses opposée d'un quadre de chaffis de 5 pouces dans œuvre s'est rompuë par 4 livres 3 quarts, & il a fallu ajouter 4 onces pour en rompre une égale tirée de haut en bas. 2 autres aussi de 6 lignes se sont rom-

puës par 4 livres en les tenant $\frac{2}{4}$ de minute avec le poids aussi-bien dans le grand quadre que dans le petit.

Une autre bande de papier de la même force, de 6 lignes $\frac{1}{3}$ de large s'est rompuë par 4 livres, elle étoit posée sur le même chassis de même en l'un qu'en l'autre, il y avoit 3 cordes qui portoient un petit godet, & une autre corde passant par dessous qui étoit soutenue plus haut par un petit bâton, on mettoit dans le godet peu à peu des poids jusques à ce que la bande se rompît. On a collé du papier dans le grand quadre de 9 pouces dans œuvre & dans le petit de 5 pouces dans œuvre de même que quand on fait des chassis, on a posé au milieu du grand papier un rond de cuir de 3 pouces 4 lignes, & sur le milieu de ce cuir un poids de plomb de 4 livres qui n'avoit que 2 pouces & demi de largeur par sa base qui posoit sur le cuir, on entassa plusieurs poids sur ce premier, & le papier ne se rompît qu'à 42 livres.

L'autre papier sur le petit quadre se rompit à 34 livres, mais son petit cuir n'avoit qu'un pouce $\frac{3}{4}$ de largeur sur lequel on mit le même premier poids.

Pour comparer ces experiences entr'elles & avec les bandes de papier, la largeur du cuir qui posoit dans le grand chassis étant de 3 pouces, & la base du poids de 2 pouces $\frac{1}{2}$ ainsi le cuir ne portoit pas bien.

ferme à ses bords , & l'on peut prendre

que la largeur de la bande qu'occupoit le diametre étoit 5 fois plus grande que celle de la bande de 6 lignes qui avoit supporté quatre livres , & prenant une autre bande en croix C D de même largeur , si la premiere A B souûenoit 20 livres pour être quintuple de 4 livres , les deux en souûenoient 40 , les 2 livres de plus étoient souûenuës par les 4 bandes diagonales , E , R , G , F , qui souffrent fort peu par les raisons qui ont été dites cy-dessus , à l'égard des cordelettes , parce qu'elles sont plus longues que les autres , & ne s'étendent pas de toute l'étendue propre à les faire rompre. Dans le petit chassis la bande A B n'étoit que 3 fois $\frac{1}{2}$ plus large que la bande de 6 lignes , elle devoit donc

soutenir 14 livres, & les deux en croix 28 livres, les 6 livres restantes étoient pour les 4 bandes diagonales, & quoique ce soit plus à proportion que dans le grand, cela arrive par inégalité de la matiere qui a sa resistance absoluë moindre en un endroit qu'en un autre. Que si les bases des poids eussent été égales dans les deux quarrés de papier, ils eussent deu porter le même poids; la rupture se fit en tous les deux, entre le poids & le quadre de bois.

Après avoir fait plusieurs experiences semblables, j'en ay fait plusieurs sur des tuyaux pleins d'eau; je fis faire un tuyau de 50 pieds dont il a été parlé cy-dessus, & l'ayant soudé dans le tambour cylindrique d'un pied fermé de tous les côtez, on posa le tambour sur 3 appuis à ses extremités. Les bases étoient des platines de cuivre d'une ligne d'épaisseur, & le tour étoit de fer blanc, le tuyau, montant de 3 pouces de largeur étoit soudé dans un trou fait au milieu de la platine supérieure, & la surface cylindrique de fer blanc étoit soudée avec les platines en cette maniere.

A B represente le diametre de la platine supérieure, les petits quarrés C & D l'épaisseur d'un fil de fer qui regnoit tout autour du fer blanc qui faisoit la quaiſſe, joignant
la

la platine & servoit à l'y mieux souder,

E F est le tuyau de fer blanc de 50 pieds de hauteur, la platine inferieure étoit soudée de même avec la quaiſſe de fer blanc que la supérieure, on fit remplir d'eau le tambour & le tuyau, quand elle fut tout au haut les platines se courberent en convexité par le poids de l'eau, & comme elle agissoient en levier dont l'extrémité étoit G,

& le contre-levier la largeur de la soudure sur l'extrémité du fer blanc & sur la largeur du fil de fer, la soudure se détacha par cet effort, les parties les plus proches de G se séparant les premières; l'espace désoudé fut de 4 pouces par où toutes l'eau s'écoula; on la résouda de nouveau, & la platine d'en bas se désouda aussi dans l'expérience, je fis refaire un autre tambour où le fer blanc étant rabattu sur les platines, les enfermoit en dedans & y étoit bien soudé, on augmenta ensuite le tuyau montant E. F. jusques à ce qu'il eût 100 pieds de hau-

teur, & il demeura plein d'eau assez long-temps avant que de se rompre, mais enfin une des soudures de la quaiſſe s'entrouvrit par le bas comme depuis S juſques à R, & ſe déchira de travers depuis R juſques à T; les platines s'étoient courbées de plus d'un pouce, mais leur ſoudure avec le fer blanc ne ſe rompit point, parce qu'agiffant en levier comme en la première expérience, même plus fortement à cauſe du plus grand effort d'eau, la partie ſoudée du fer blanc s'élevoit avec elle, & par ce moyen ne ſe pouvoit deſouder; on avoit tenu long-temps ce tuyau plein juſques à 80 pieds & 90 pieds, mais rien ne ſe rompit; & parce que l'eau de 100 pieds agiſſoit ſur cette quaiſſe de fer blanc comme ſi le tuyau eût été d'un pied de large juſques à cette hauteur, comme il a été prouvé dans le diſcours de l'équilibre, on peut tenir pour certain qu'un tuyau de fer blanc de 80 pieds, & d'un pied de largeur, ne ſe rompra point étant plein d'eau.

Je fis enſuite mettre un tambour de plomb au lieu du tambour de fer blanc, ſon épaiſſeur étoit de 2 lignes & demie, il avoit un pied de largeur & 18. pouces de hauteur, mais il étoit renflé comme un baril juſques à la rencontre des platines de plomb plates, de 8 pouces de largeur, & de la même épaiſſeur de 2 lignes.

& demie ; les soudures avançoient d'un demi pouce sur les platines , & sur ce qui avoit été rabatu qui joignoit les platines, en sorte qu'elles avoient un pouce de largeur & plus ; elles étoient hautes de plus de 8 lignes , on emplit d'eau le tuyau de 100 pieds de hauteur , & les deux platines se courberent en rond de plus d'un pouce $\frac{1}{2}$, mais rien ne se rompit : car la soudure s'éleva aussi avec le reste , & l'épaisseur du plomb étoit trop grande. Il y a du plomb poreux qui auroit laissé passer quelques petits filets d'eau , comme j'en ay veu une fois l'expérience en un tambour d'un pied & demi , & de l'épaisseur de deux lignes , quoique le tuyau montant ne fût que de 15 pieds ; enfin pour achever l'expérience , je fis ratifiser avec un couteau , & limer le tambour dans son milieu d'environ 6 pouces de hauteur & 4 pouces de large , & quand son épaisseur fut reduite à une ligne un peu moins dans le milieu de ce qui étoit limé , alors le plomb s'enfla en cet endroit , & il s'y fit une fente de trois pouces de hauteur par où toute l'eau s'écoula : on peut donc en seureté se servir d'un tuyau de 100 pieds , large de 12 pouces , & d'épaisseur de 2 lignes , ou même une ligne & demie si le plomb est bon : Voici comme on peut expliquer la résistance du tambour

de fer blanc; il le faut considérer comme une bande de fer blanc d'un pied de largeur qui doit se rompre en se déchirant: or cette bande est 24 fois plus large que celle de 3 lignes qui supportoit 120 livres, elle doit donc supporter 445 fois davantage à peu près, & parce que l'eau du tuyau pesoit alors 5500 livres: car il la faut considérer comme si elle étoit de la largeur d'un poids jusques au haut de 100 pieds: & un pied cylindrique d'eau pese 55 liv. qui multipliées par 100 donnent 5500, 45 fois 120 fait 5400, & par conséquent le rapport est assez juste, & si la soudure eût été bonne par tout, le tambour auroit encore pu porter 100 livres ou 2 pieds d'eau plus haut; il faut considérer qu'il ne faut pas faire état de ce que le poids est distribué par tout quoique ce soit en déchirant; si l'on veut sçavoir la proportion de la résistance des autres tuyaux, voici les regles qu'on peut suivre; on suppose que les platines sont assez fortes.

I. R E G L E.

S I la hauteur du réservoir est double il y aura deux fois autant de poids d'eau, & par conséquent il faudra deux fois autant d'épaisseur de métal dans le tuyau afin qu'il y ait deux fois autant de parties à se-

parer. Si le diametre du tuyau est 2 fois plus large, il faudra 2 fois plus d'épaisseur : car les mêmes parties du fer blanc ne seront pas plus changées, & elles sont seulement doubles.

II. R E G L E.

SI les platines sont les moins fortes, & que la rupture s'y doive faire en les supposant de fer de fonte, ou d'une autre matiere aigre & cassante, lors-que les tuyaux auront 4 fois autant de hauteur, il faudra doubler seulement l'épaisseur du métal, comme il a été prouvé cy-devant : car alors la platine se rompt en levier, & le contre-levier devient deux fois plus grand, & il y a deux fois autant de parties à separer. La même chose arrivera si le diametre est double : car il y aura 4 fois autant de poids ; il faudra donc doubler seulement l'épaisseur : d'ailleurs ces platines différentes peuvent supporter le même poids, mais le poids étant quadruple, il faut doubler l'épaisseur, & si la hauteur & la largeur du tuyau sont ensemble plus grandes, il faudra faire le calcul de la hauteur & ensuite celui de la largeur, comme en l'exemple cy-dessus ; il faudra doubler l'épaisseur par la hauteur quadruple & doubler celle-cy par la surface quadruple de la base dont il faudra quadrupler l'épaisseur.

de la platine , mais quand c'est du fer blanc ou du cuivre fort souple , si le reservoir est 4 fois plus haut , il aura 4 fois plus de poids ; il faudra donc 4 fois plus d'épaisseur , & si le diametre est double il y aura encore 4 fois plus de poids , & il faudra encore quadrupler l'épaisseur , ce qui fera 16 épaisseurs : ainsi si une demi-ligne d'épaisseur de cuivre peut supporter 60 pieds de hauteur & 4 pouces de largeur de tuyau , si la hauteur est 240 pieds , & la largeur de 8 pouces , il faudra 8 lignes d'épaisseur de cuivre.

Il vaut toujours mieux faire les tuyaux un peu plus épais que selon le calcul : car il arrive souvent qu'il y a des défauts dans la matiere. On a vu des conduites de fer de fonte de 4 pouces de diametre & de 3 lignes d'épaisseur où il se trouvoit beaucoup de tuyaux de ceux qu'on joint ensemble pour composer la conduite, qui se rompoient, parce qu'en les jettant il s'y étoit fait des vuides , & la matiere étoit defectueuse en ces endroits : on a vu aussi suinter de l'eau par leurs pores au commencement , mais enfin les pores se fermoient par les petites saletés que l'eau charrie , & ils étoient de bon service dans la suite.

III. DISCOURS.

De la distribution des Eaux.

P Our partager l'eau en divers jets , & sçavoir combien on en donnera à chacun , ce qui peut aussi servir à la distribution qu'on fait à plusieurs particuliers de l'eau d'une source , il faut avoir une jauge dont les ouvertures soient quarrées , & non rondes.

Comme A B est le haut du vaisseau qui

sert de jauge , & C D la hauteur de l'eau , il faudra placer les trous quarrés environ deux lignes audessous de la surface C D selon une ligne droite horizontale E N : or si l'on a divisé cette jauge en plusieurs quarrés d'un pouce en tous sens , comme E F P H &c. ils donneront plus d'un pouce : car si les circulaires donnent 14 pintes

en une minute les quarréz en donneront une quantité , qui sera à 14. comme 14. à 11. laquelle proportion de 14. à 11 est à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur : si donc un ponce rond donne 14 pintes en une minute, un ponce quarré donnera un peu moins de 18 pintes : car 11 est à 14. , comme 14. à $17\frac{2}{11}$; il faudra donc diviser E F en 14. parties égales , & si E R contient 11 de ces parties le quarré long E R S H sera à fort peu près égal à un ponce circulaire & il donnera un ponce, c'est-à-dire 14. pintes. en une minute , si l'eau du baquet qui sert de jauge demeure à la hauteur C D. On fera plusieurs ouvertures de suite égales à E R S H sous la même ligne E N, comme R L T S, L M V T , &c ; & si l'on veut donner un demi ponce, il faudra diviser un de ces quarréz longs , comme O Q I G par la moitié de la ligne X Y , & chaque moitié donnera un demi ponce c'est-à-dire 7 pintes en une minute & en toutes les autres divisions de même , en prenant le tiers comme I K Z Q ou le quart &c. Il y aura encore cet avantage , que si les eaux qui fournissent l'écoulement diminuent , & qu'en coulant elles ne remplissent que le tiers ou la moitié ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les particuliers perdront à proportion.

ce.

ce qu'on ne peut faire quand les trous sont ronds ; & s'il y a un peu plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes , cela sera recompensé en ce que l'eau succede mieux à un petit écoulement qu'à un grand : Si on veut donner 3 ou 4 pouces , on prendra 3 ou 4 ouvertures entieres , égales chacune à E R S H , comme E H V M pour trois , mais il faudra un peu separer les ouvertures , quand on ne donne qu'un pouce à chaque particulier , car leurs eaux se confondroient s'il n'y avoit que 2 ou 3 lignes entre elles , il faut que l'entrée de chaque tuyau soit assez large pour recevoir l'eau de chaque division.

Voici comme on peut distribuer une source dans une Ville à plusieurs particuliers.

Je suppose que la fontaine donne 40 pouces d'Eau en Eté , & 50 pouces en Hiver , & 45 dans les autres temps : il faut faire plusieurs reservoirs , comme F G H I où l'eau se décharge.

Dans le premier qui sera le plus grand on laissera élever l'eau jusqu'à une hauteur comme A B , où l'on fera un passage à l'eau pour couler plus loin , & on fera les trous par où l'on veut faire la premiere distribution , comme en C , D , E , un pied au dessous de A B , ces trois trous pour-

laisser passer 20 pouces, & les 25 pouces restans passeront par dessus A B. Il est évident que quand l'eau sera la plus forte, l'élevation de l'eau courante se a plus grande au dessus de A B, & quand elle sera moins forte, qu'elle sera moindre; mais ce ne sera que d'un pouce au plus: tellement que quand l'eau qui entre dans le réservoir, sera de 50 pouces, il en passera environ 20 pouces & demi, par les 3 ouvertures, & qu'il n'en passera que 19 & demi à peu près quand elle ne donnera que 40 pouces: on fera de même à l'égard de l'eau qui passera par dessus A B, & de celle qui passera par les trous,

& on leur fera de petits reservoirs en d'autres quartiers de la ville où l'on distribuëra aux particuliers les 25 pouces & les 20 pouces, observant toujours de faire les trous 12 pouces ou du moins 10 pouces au dessous de A B. Enfin il arrivera que dans les grandes eaux il restera 5 ou 6 pouces d'eau qu'on donnera au public en quelque endroit peu fréquenté pour quelques usages, & cette eau ne durera que pendant les grandes eaux, ce qu'on observera aussi dans les autres conduites comme C, D, E. Car il y aura toujours quelques restes qui seront au profit de la Ville, soit pour faire des viviers ou autres amas d'eau qui se conservent long-temps, sans qu'il y en entre de nouvelle, & qui se repareront de temps en temps, le reste sera également distribué sur le pied de 45 pouces, sinon qu'ils auront quelque-fois un peu moins, quelque fois un peu plus.

Frontinus Auteur Romain a parlé de ces conduites d'eau d'une autre maniere; il appelle Quinaria ce que nous appellons ponce, mais son Quinaria étoit un peu plus petit: il semble que la façon d'appliquer ce qu'il appelle calice, au bas duquel il y avoit un petit tuyau de la grandeur de son Quinaria, ne pouvoit pas être juste, & il vaut mieux conduire

jusqu'à un quartier de la Ville 10 pouces ;
 s'il ne faut que dix pouces aux particuliers
 qui y sont , & les faire décharger dans un
 réservoir long , où l'on appliquera une
 jauge comme cy-dessus , donnant un pou-
 ce ou un demi pouce , suivant l'acquisition ,
 & quand il y a des particuliers qui n'en veu-
 lent qu'une ligne qui est la $\frac{1}{44}$ partie d'un
 pouce ou deux lignes qui est la $\frac{1}{72}$ du pouce ,
 alors il faudra faire la jauge autrement que
 celle cy dessus. En un petit réservoir sé-
 paré où l'on fera passer l'eau de 5 lignes
 par dessus les ouvertures , & ayant fait un
 trou carré de quatre lignes de largeur ,
 on en ôtera $\frac{3}{12}$ de la largeur , laissant la
 hauteur de 4 lignes qui donnera le neu-
 vième partie d'un pouce , c'est à dire 16
 lignes , la moitié de cette largeur donne-
 ra 8 lignes , & le quart 4 lignes , ou bien
 on fera passer l'eau 6 lignes & demie par
 dessus une ouverture d'une ligne en carré ,
 dont on ôtera $\frac{3}{14}$, afin de faire la valeur
 d'une ligne ronde précise , qui donnera $\frac{1}{14}$
 de 14 pintes en une minute , & 144 pintes en
 24 heures de celles dont il faut 36 pour un
 pied cube : si on double la largeur , ce sera
 2 lignes qui donneront un muid en 24
 heures , & douze pintes en une heure , &
 3 pintes en un quart-d'heure ; & pour être
 plus assuré qu'on ne donne pas plus ou
 moins que deux lignes , il faudra compter le

temps dans lequel cette ouverture emplir un demi-septier, & si c'est en 75 secondes, la mesure sera juste : il faudra conduire ce peu d'eau dans des Canaux d'un pouce au moins, car ils pourroient se boucher s'ils étoient plus petits, & même de 10 ans en 10 ans il faudra prendre garde si les jauges ne s'emplissent pas de quelque matière pierreuse qui diminuë les ouvertures, & en ce cas on les refera de nouveau.

Lorsque les tuyaux de conduite ne sont pas assez larges, il s'y amasse dans les endroits les plus bas un limon tres-fin, que les eaux les plus claires charient tres-souvent avec elles, qui venant à se durcir, bouche entierement le tuyau; c'est pourquoi il seroit à propos dans ces endroits les plus bas d'y faire des ouvertures de temps en temps pour y faire couler l'eau avec violence, qui entraînera avec elle ce limon, pourvû qu'il ne soit pas encore petrifié

Il arrive encore que si l'on est obligé de faire passer un tuyau par dessus quelque éminence, il faut faire souder à la partie la plus élevée du tuyau de conduite un autre petit tuyau que l'on appelle une ventouse; ce tuyau a un robinet à une mediocre hauteur par dessus le tuyau de conduite, on l'ouvre de temps en temps pour faire sortir l'air, qui étant entraîné

avec l'eau s'amasse dans la partie supérieure du tuyau, & qui étant comprimé par l'eau qui le presse, s'échappe par bouillons, & donne des coups si violens contre le tuyau de conduite, qu'il y fait tres-souvent des ouvertures, s'il n'est pas assez fort pour resister, & enfin il le casse s'il est d'une matiere fragile.

F I N

PERMISSION.

Permis d'imprimer. Fait ce 4. Juillet
1685.

DE LA REYNIE.

TABLE

DES PRINCIPALES MATIERES
contenuës dans ce Traité.

PREMIERE PARTIE.

*De plusieurs proprietex des corps fluides,
de l'origine des fontaines, & des
causes des vents.*

I. DISCOURS.

*De plusieurs proprietex des corps
fluides.* page 1

L'Etat naturel de l'eau est d'être gla-
cée. 3

Des parties de l'eau changées en air. 4

Experience pour montrer que l'air s'insinüe dans l'eau & dans l'esprit de vin. 5

Remarques sur la formation de la glace,
& pourquoi elle s'entrouvre. 7

De la matiere fulminante qui est dans
l'eau. 11

Remarques & conjectures sur la viscosité
de quelques corps fluides. 14

TABLE

II. DISCOURS.

De l'origine des fontaines. 17

Réponse aux objections sur l'origine des fontaines. 20

Remarques sur l'augmentation & la diminution de quelques sources. 24

Des sources & lacs élevez sur de hautes montagnes. 26

Observations sur la quantité de l'eau de la pluie. 30

Calcul des eaux pour fournir la riviere de Seine. 31

III. DISCOURS.

De l'origine & causes des vents. 34

Conjectures sur les causes des vents. 40

Observation sur un vent qui se fait aux ouvertures des fours à chaux. 49

Remarque sur la revolution des vents à Paris & aux environs. 50

Experience sur le mouvement de l'air. 51

De la cause des tourbillons. 56

De la cause des différentes directions des vents, & de la fumée de quelques cheminées. 58

Explication des orages & houragans. 67

DES MATIERES.

II. PARTIE.

De l'équilibre des corps fluides.

I. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluides par la pesanteur. 74.

P Rincipe universel de mechanique.	85.
Preuves de la pesanteur de l'air.	89.
De l'eau.	96.
Regle de l'équilibre de l'eau par son poids.	97.
Experience de l'équilibre de l'eau.	106.
Regle de l'équilibre des liqueurs differentes par la pesanteur.	113.
I. Regle de l'équilibre des corps fermes , dont la pesanteur specifique est moindre que celle de l'eau.	116.
Proprieté de l'eau de s'attacher ou de s'écarter de quelques corps.	118.
D'où vient que quelques corps plus pesans que l'eau nagent au dessus.	123.
Les matieres congelées sont plus legeres que les mêmes matieres fonduës.	125.
Application de la regle precedente.	126.
II. Regle , avec quelques remarques.	129.
III. Regle pour les corps qui pesent plus que l'eau.	132.

T A B L E

Quatrième Regle.	133
Experience qui montre que quelques corps plus legers que l'eau peuvent descendre au fond.	136

II. D I S C O U R S.

<i>De l'équilibre des corps fluides par le ressort.</i>	139
De la proportion de la condensation de l'air.	140
De la rarefaction ou dilatation de l'air.	145
Regles pour l'élevation de l'eau dans les pompes aspirantes.	151
Experience sur le ressort de l'air.	157
Refutation de l'erreur de ceux qui croyent que l'air ne pese pas sur les corps qui sont au dessous.	159
Du ressort de la flâme de la poudre à canon.	163

III. D I S C O U R S.

<i>De l'équilibre des corps fluides par le le choq.</i>	166
Premierement du choq de la flâme.	166
Du choq de l'air, & de l'eau.	168
Premiere regle, du choq des jets d'eau.	168
De l'acceleration de la vitesse des corps qui tombent.	171

DES MATIERES.

De la lenteur de la sortie des premières gouttes d'eau par l'extrémité des tuyaux. 172

Seconde Regle, de l'équilibre du choc des jets d'eau qui tombent de haut en bas. 176

Troisième Regle, de l'équilibre du choc des jets d'eau en raison des hauteurs des réservoirs. 181

Conséquence pour la vitesse des jets d'eau qui sont en raison soudoublée des hauteurs des réservoirs. 185

Quatrième Regle, des jets d'eau égaux & de vitesses inégales, qui soutiennent par leur choc des poids en raison doublée des vitesses. 185

Expérience pour connoître la force du choc de l'air. 187

Conséquence où l'on voit quelle est la proportion du temps de l'écoulement de l'air de deux cylindres inégaux, par des ouvertures égales, & chargez de poids égaux. 190

Cinquième Regle pour les jets d'eau de même vitesse, mais inégaux en grosseur, qui soutiennent des poids par leur choc, qui sont l'un à l'autre en raison doublée des ouvertures. 192

De la pesanteur du pied cube d'eau, & la quantité des pintes qu'il contient. 193

T A B L E

Pour mesurer la vitesse & la force du choc de l'eau courante.	194
De l'effort des rouës des moulins qui sont sur la riviere de Seine.	197
Experiences pour les vitesses differentes des eaux courantes , tant au fond qu'à la sur- face.	197
Calcul de la force des rouës des moulins de la Seine.	201
Pour la force du choc du vent contre les aîles d'un moulin.	202
Pour le choc du vent contre la voile d'un vaisseau.	205
Comparaison de la force des moulins à vent aux moulins de la Seine.	207
Description & jugement de plusieurs mou- lins à vent qui tournent à tous vents.	209
Pour le calcul de la vitesse du vent , qui peut renverser des arbres & autres corps.	212
Pour augmenter la force d'une certaine quantité d'eau.	217

III. P A R T I E.

De la mesure des eaux courantes & jaillissantes.

I. D I S C O U R S.

Du ponce pour la mesure des eaux. 219

P Remiere experience pour determiner la quantité d'eau que fournit un ponce en un certain temps. 222

Proposition où il est démontré que le pendule qui marque par ses battemens une seconde de temps, doit être plus court dans les pais proche la ligne équinoxiale, que vers les poles. 225

Difficultez qui surviennent à l'experience precedente. 227

Seconde experience par une ouverture de 6 lignes de diametre, & des differences entre les ouvertures verticales & horizontales. 229

Les dépenses des eaux par des ouvertures égales posées l'une sur l'autre, sont en même proportion que les ordonnées d'une parabole. 232

Diverses causes qui apportent quelques irregularitez à la regle de la dépense des eaux. 237

T A B L E

- Un ponce d'eau est déterminé à fournir
14 pintes mesure de Paris en 1 minute
de temps. 240
- Troisième expérience d'un pied cube rem-
pli en 2 minutes & demie. 241
- Moyen pour connoître les ponces d'eau
d'une fontaine ou d'un ruisseau cou-
lant. 242

II. DISCOURS.

- De la mesure des eaux jaillissantes selon les
différentes hauteurs des réservoirs.* 242
- Première expérience pour la dépense des
eaux jaillissantes. 243
- Deuxième expérience. 244
- Règle pour la mesure des eaux jaillissan-
tes. 245
- Table des dépenses d'eau par 3 lignes d'a-
jutoir pendant une minute sur différentes
hauteurs de réservoirs. 248
- Comparaison des dépenses de l'eau par une
ouverture simple faite à un réservoir, &
lors qu'on y applique un tuyau. 249

III. DISCOURS.

- De la mesure des eaux jaillissantes par des
ajutoirs de différentes ouvertures.* 252
- Première expérience. 254
- Seconde expérience. 255

DES MATIERES.

- Regle pour la dépense des eaux jaillissantes. 255
- Table des dépenses d'eau par differens ajutoirs ronds pendant une minute, sur la hauteur de 13 pieds de reservoir. 256
- Troisième experience par deux ouvertures differentes en même temps. 257
- Quatrième experience de la même chose. page 258
- Trois causes qui peuvent faire que les grandes ouvertures donnent ordinairement plus que les petites. 259
- Cinq experiences sur ce sujet. 262
- Deux causes qui diminuent la raison soudoublée, & deux qui l'augmentent. 264
- En quelle proportion se vuide un vaisseau par un trou qui est au fond 265
- Il sort deux fois autant d'eau d'un vaisseau entretenu toujours plein dans le même temps, que s'il se vuidoit sans y rien ajoûter. 266
- Observation sur le fait precedent. 267
- Pour juger du temps dans lequel un vaisseau se vuide. 271
- Probleme, de la forme d'un vaisseau dont l'eau s'écoulant descend en temps égaux par des intervalles égaux. 272
- Regle de l'écoulement de l'eau de deux tuyaux inégaux par des ouvertures égales. 275
- Question sur l'écoulement de l'eau de deux

T A B L E

tuyaux d'égal diametre & de hauteurs
inégaies. 276

IV. DISCOURS.

*De la mesure des eaux courantes dans un
acqueduc ou dans une riviere.* 277

Methode pour cette mesure avec des exem-
ples, & le calcul de l'eau de la riviere de
Seine. 277

IV. PARTIE.

De la hauteur des jets.

I. DISCOURS.

De la hauteur des jets perpendiculaires. 282

P Remiere Regle avec des experiences.
page 282

Seconde Regle pour la diminution des
jets à l'égard des reservoirs, avec exem-
ple. 284

Table de cette diminution depuis 5 pieds de
hauteur jusqu'à cent. 289

Experiences pour la confirmation de cette
regle. 292

Experience d'un cas particulier quand l'eau
du

DES MATIERES.

du reservoir ne fournit pas assez par le jet.	296
Experience par un syphon recourbé.	298
Experience de l'eau chargée de mercure par la hauteur des jets.	299
Confirmation par l'experience des poids attachez au corps d'une siringue.	300
Experience de la hauteur des jets par la compression de l'air.	302
L'impulsion est arrêtée par le frottement dans un petit tuyau attaché à un grand,	page 305
Machine pour pousser de l'eau fort loin.	page 306
Machine de Heron par la compression de l'air.	308
Experience sur la netteté & beauté des jets d'eau, & comme on doit faire & disposer les ajutages.	310
L'eau qui s'écoule par un trou en tombant de haut en bas se reduit enfin en gouttes.	311
La dépense de l'eau se regle selon la vitesse du jet à la sortie de l'ajutage, & non pas sur sa hauteur,	315
Regles pour la diminution d'un jet si l'on prend une partie de l'eau qui le fournit.	316
Experience pour prouver que les trop grandes hauteurs des reservoirs ne peuvent servir de rien.	318

T A B L E

II. D I S C O U R S.

Des jets obliques & de leurs amplitudes. 322

Probleme. Etant donné la hauteur médiocre du réservoir, & l'obliquité du jet trouver son amplitude. 325

Remarque sur les jets de mercure. 328

Experience pour prouver que les matieres les plus pesantes décrivent de plus grandes paraboles. 329

Pour trouver les amplitudes des jets horizontaux. 330

Pour trouver la hauteur de l'eau dans un réservoir ou un tuyau, par l'amplitude d'un jet horizontal, qui sort d'une ouverture du tuyau. 331

V. P A R T I E.

De la conduite des eaux, & de la resistance des tuyaux.

I. D I S C O U R S.

Des tuyaux de conduite. 333

Plusieurs remarques sur la grosseur des tuyaux de conduite suivant les jets.

DES MATIERES.

qu'ils fournissent , pour différentes hauteurs.	334
Experiences contre les ajutages en tuyau ou cone , & pour ceux en platine.	336
Observations pour regler la largeur des tuyaux de conduite suivant la hauteur des reservoirs & la grandeur des ajutages.	339
Regle tirée des observations precedentes.	340
Exemple de cette regle.	340
Remarques particulieres sur quelques tuyaux de conduite qui sont à Chantilly.	341
De la soudivision des tuyaux de conduite avec exemple.	344

I.I. DISCOURS.

<i>De la force de tuyaux de conduite , & de la resistance des solides.</i>	348
De la resistance absoluë des solides.	349
Refutation de la proposition de Galilée pour la resistance des solides.	351
Experiences qui confirment la regle démontrée de la resistance des solides.	353
Solution de quelques objections.	356
Experience de l'alongement d'un fil de verre.	362
Experiences de la resistance des solides.	364

T A B L E

Theoreme d'un cas de la resistance des solides avec sa demonstration.	367
Regle pour la resistance des solides, qui sont souples, avec des experiences.	370
Experience du fil tourné en vis pour l'allongement des corps souples.	372
Experiences sur la resistance des tuyaux.	376
I. Regle pour la resistance des tuyaux.	381
II. Regle.	382

III. DISCOURS.

<i>De la distribution des eaux.</i>	384
Pour la distribution d'une source en plusieurs endtoits d'une ville ou à plusieurs particuliers	384
Des ouvertures pour nettoyer les tuyaux & des ventouses.	390

Fin de la Table.

De l'Imprimerie de GILLES PAULUS
DU MESNIL 1700.

LIVRES DE MATHEMATIQUE.

Imprimez, ou qui se trouvent chez JEAN JOMBERT, près des Augustins, à l'Image Notre-Dame.

- T**raité Mathématique, contenant les principales Définitions, Problèmes & Théorèmes d'Euclide, l'Arithmétique en toutes ses parties, la Trigonométrie, la Longimétrie, la Planimétrie & la Stereométrie, les Fortifications Française, Hollandoise, Italienne & Espagnole, la manière d'attaquer & de défendre les Places, la Perspective Militaire, & la Géographie Universelle, par T. Luders, in fol. 15 l.
- Les dix Livres d'Architecture de Vitruve par M. Perrault, fol. 22 l.
- Les Oeuvres d'Architecture d'Antoine le Pautre, Architecte ordinaire du Roi, contenant divers plans & élévations d'Eglises, Palais, Châteaux, Portes de Villes, Fontaines &c. fol. 15 l.
- La Dioptrique oculaire du Pere Cherubin, fol. 12 l.
- Traité du Jardinage, enrichi de divers desseins de Parterres par Boyceau, fol. 12 l.
- Méthode pour bien dresser toutes sortes de Comptes à parties doubles par le sieur Irfon, fol. 18 l.
- Tables Astronomiques de Lansberge, fol. 7 l.
- Les Edifices Antiques de Rome par M. des Godetz, in fol. 20
- Meriani Topographia Gallia, 4. vol. fol. 40 l.
- Diffesa & Offesa delle Piazze, di Floriani, fol. 7 l.
- Livres de Navigation.*
- Le petit Flambeau de la Mer, ou le véritable Guide des Pilotes, 4. 4 l.
- Le Tresor de la Navigation, par Blondel, 4. 4 l.
- L'Art de naviger par le Quartier de réduction,

& par le Compas de proportion , par Blondel , 4.	4 l.
Le Pilote Expert , par Dacier , 4.	3 l.
Traité des Pratiques Journalieres des Pilotes , par Cordier , 8.	2 l.
Journal de Navigation , par Cordier , 8.	2 l.
Tables Astronomiques de Pagan , 4.	2 l. 10 s.
Elevation des Eaux par toute sorte de Machines , réduite à la mesure , au poids , à la balance , par le moyen d'un nouveau Piston & corps de Pompe , &c. par le Chevalier Morland , 4.	5 l.
Projet d'une nouvelle Mécanique , par Monsieur Varignon , 4.	4 l.
Des principes de l'Architecture , de la Sculpture , de la Peinture & des autres Arts qui en dépendent , par Monsieur Felibien , 4.	12 l.
L'Arithmetique des Ingenieurs , par Monsieur de la Londe , 4.	8 l.
Pratique Generale & Methodique des Changes étrangères , par Monsieur Irfon , 4.	6 l.
L'Art & la science des nombres, où l'Arithmetique Pratique & Speculative , en François & en Latin, comprise en dix Livres , dont les sept premiers contiennent l'Arithmetique ordinaire , avec la Theorie des Nombres , telle qu'on la trouve dans les anciens Auteurs Grecs & Latins , principalement dans les V. VII. VIII. & IX. des Elemens d'Euclide , & dans les deux Livres de Boëce. Les Trois derniers enseignent L'ALGEBRE par une methode courte & facile , & donnent des Maximes pour découvrir les Nombres inconnus dans la resolution de plusieurs Questions , aussi-bien par l'Arithmetique ordinaire , que par l'Algebre , par feu Monsieur Ouvrard , Chanoine de l'Eglise de Tours , 4.	4 l.

De Monsieur Ozanam.

Couts de Mathematiques , qui comprend toutes

les parties de cette Science , divisé en 5. vol.
in 8. 24 l. où sont les Elemens d'Euclide, d'Ar-
rithmetique , la Trigonometrie , les Tables de
Sinus , la Geometrie , Theorique & Pratique ,
la Fortification , les Mécaniques , la Perspecti-
ve , la Geographie , la Gnomonique ou Science
des Cadrans : tous ces Traitez se vendent en
corps ou séparément.

Recreations Mathematiques & Physiques , qui
contiennent plusieurs Problèmes d'Arithme-
tique , de Geometrie , d'Optique , de Gno-
monique , de Cosmographie , de Mécanique ,
de Pyrotecnie , & de Physique , avec un Trai-
té nouveau des Horloges Elementaires , 2.
vol 8. 7 l. 10 s.

L'usage du Compas de proportion , 8. 1 l. 10 s.

Oeuvres d'Henrion.

Les Tables des Monroyal , 4. 4 l. 10 s.

Les quinze Livres des Elemens Geometriques
d'Euclide , 8. 2. vol. 4 l. 10 s.

L'Usage du Compas de Proportion , nouvelle Edi-
tion , augmentée , 8. 2 l. 10 s.

La Gnomonique universelle , ou la Science de tra-
cer les Cadrans solaires sur toutes sortes de sur-
faces , tant stables que mobiles , 8. avec 25
Planches en taille-douce , par M. Richer du
Bouchet. 3 l. 10 s.

L'Usage du Mecometre & de la Bouffole , 8. 2 l.

La Geometrie d'Errard , 8. 3 l.

L'Arithmetique de Chauvet , par du Lac , 8. 2 l.

Usage des Globes , par Huës , 8. 1 l. 10 s.

Cosmologie du Monde , 8. 1 l.

Logocanon ou Regle proportionnelle , 8. 1 l. 6 s.

Artillerie de Davelourt , 8. 1 l. 10 s.

Horlogeographie du Pere Feüillant , 8. 3 l.

Harmonie Celeste , de Monsieur Fayol , 8. 2 l.

Geographie de Cluvier , 8. 1 l. 10 s.

Traité de la Sphere , du sieur Boulenger , aug-

- menté par Monsieur Ozanam, 12. 1 l. 10 s.
- Pratique de Geometrie sur le Papier & sur le Terrain avec figures, par le sieur le Clerc, 12. 3 l.
- La longimetrie industrielle, 12. du P. Bobinet. 1 l.
- Usage du Cercle universel, 12. 1 l. 10 s.
- Cartes du Ciel, contenant toutes les Constellations avec le Catalogue des Etoilles, par Royer. 12. 3 l.
- Traité de Mécanique, par M. de la Hire, 12. 2 l. 5 s.
- Propheties de Nostradamus, impression d'Hollande, in 12. 1 l. 10 s.
- Traité du mouvement des Eaux, & des autres corps fluides, par M. Mariotte, 12. 2 l. 5 s.
- Trigonometrie & Tables de Sinus, par Blondel, 12. 1 l. 10 s.
- Nouveaux Elemens d'Arithmetique & d'Algebre, par M. de Lagny, 12. 2 l. 10 s.
- Pap. Masso de Fluminibus Gallia, 12. cum Notis D. Mich. Baudrand. 8. 1 l. 10 s.*
- Tables de Sinus de Vliet, nouvelle Edition. 2 l. 10 s.
- La Geometrie pratique du sieur le Boulenger avec des Notes de Monsieur Ozanam. 2 l.
- Methode facile pour Arpenter ou mesurer toutes sortes de superficies, & pour toiser la Maçonnerie, la Charpenterie, &c. par Monsieur Ozanam, 12. 2 l.
- Nouvelle Trigonometrie, où l'on trouve la maniere de calculer toutes sortes de Triangles rectilignes sans les Tables de Sinus, par Monsieur Ozanam, 12. 1 l. 10 s.
- Effets de la force de la Contiguite des corps, où il est traité de diverses nouvelles experiences touchant la nature du Vuide, la pesanteur de l'air. Des effets de la Pompe, des Hygrometres, des Barometres, & autres curiositez de Mécanique, & de Physique, 12. 2 l.

4818